

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie



Oprava elektroohříváku kompenzátoru objemu VVER 440
Repair of Electric Heater of Volume Compensator VVER 440

Student: Bc. Ondřej Vašíček

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Vašíček**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **2303T002 Strojírenská technologie**
Specializace: **10 Technologický management**
Téma: **Oprava elektroohříváku kompenzátoru objemu VVER 440**
Repair of Electric Heater of Volume Compensator VVER 440

Zásady pro vypracování:

- 1) Popište primární část jaderné elektrárny.
- 2) Popište funkci kompenzátoru objemu.
- 3) Definujte možné vady elektroohříváku.
- 4) Navrhněte opravu topného tělesa s využitím svařování.
- 5) Realizujte zpracování WPQR a KSS.
- 6) Proveďte diskuzi dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOUKAL, J., ZMYDLENÝ, T. *Svařování I: Učební texty*. 1. vydání. VŠB-TU Ostrava. 2005. 133 s. ISBN 80-248-0870-6
KOUKAL, J., SCHWARZ, D., HAJDÍK, J. *Materiály a jejich svařitelnost: Učební texty*. 1. vydání. VŠB-TU Ostrava. 2009. 240 s. ISBN 978-80-248-2025-5
HRIVŇÁK, I. *Teória zvariteľnosti kovov a zliatin*. 1. vydání. VSAV Bratislava. 1989. 344 s. ISBN 80-224-0016-5
ČSN EN ISO 15614-1 *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupů svařování - Část. 1: Obloukové a plamenové svařování ocelé a obloukové svařování niklu a slitin niklu*. Praha: Český normalizační institut, 2005

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.**

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015




doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě6.5 20 15.....



.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 6.5.2015



Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Ondřej Vašíček

Adresa trvalého pobytu autora práce: Třebíč

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomová práce se zabývá opravou elektroohříváčů kompenzátoru objemu na jaderné elektrárně Dukovany. Popisuje, jak vada na elektroohříváči vzniká a proč jsou elektroohříváče v kompenzátoru objemu pro provoz jaderné elektrárny tak důležité, použitou metodu svařování, základní materiál elektroohříváče, jeho specifikaci a celkovou výměnu nebo lokální opravu. Současně popisuje plnění všech požadavků státní legislativy a požadavků provozovatele elektrárny ČEZ a.s.

Klíčová slova

Kompenzátor objemu, elektroohříváč, svařování.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

This thesis deals with the repair of an electric heaters pressurizer at nuclear power plant. It describes how defect on the electrical heater arises and why are electro heaters in pressurizer so important for the operation of nuclear power plants, used welding method, basic material of the electro heater, its specification and complete replacement or local repair. At the same time it describes the fulfillment of all requirements of state law and requirements of the plant operator CEZ a.s.

Key words

Pressurizer, electric heater, welding.

OBSAH

1. Úvod	9
2. Jaderná energetika	10
2.1 Popis principu výroby elektřiny na jaderné elektrárně VVER 440.....	11
2.2 Popis primární části jaderné elektrárny VVER 440	12
3. Kompenzátor objemu	16
3.1 Základní parametry kompenzátoru objemu	19
3.2 Elektroohříváče	20
3.3 Funkce elektroohříváče	21
3.4 Vznik vady na elektroohříváči	22
4. Základní materiál 08CH18N10T	23
4.1 Koroze oceli 08CH18N10T	24
4.1.1 Koroze mezikrystalická	24
5. Svařování	25
5.1 Metoda svařování číslo 141	25
5.1.1 Princip svařování metodou 141	25
5.2 Problematika svařování austenitických CrNi ocelí	26
6. Orbitální svařovací automat	27
6.1 Sestava svařovacího automatu a parametry	27
7. Systém jakosti svařování na jaderné elektrárně.....	29
7.1 Vyhlášky o systému jakosti na jaderných elektrárnách	31
7.2 WPQR a WPS	31
7.3 Kvalifikace svářečů	31
7.4 Kontrolní svarový spoj	31
8. Realizace legislativních požadavků.....	33
8.1 Realizace WPQR a WPS.....	33
8.1.1 WPQR pro automatizované svařování.....	33
8.1.2 WPQR pro ruční svařování.....	35
8.1.3 WPQR pro lokální zaslepení defektního topného tělesa	37
8.2 Provedení kvalifikace svářecího personálu	39
8.2.1 Certifikát svářecího personálu	39

8.3	Zhotovení kontrolních svarových spojů.....	41
8.3.1	Kss výměna topného tělesa automatizovaným svařováním	42
8.3.2	Kss výměna topného tělesa ruční svařování	48
8.3.3	Kss lokální zaslepení defektního topného tělesa	54
9.	Návrh řešení opravy	60
9.1	Výměna elektroohřívače	60
9.1.1	Výměna elektroohřívače automatickým svařováním	64
9.1.2	Výměna elektroohřívače ručním svařováním	66
9.2	Lokální zaslepení defektního topného tělesa	66
10.	Technologický postup opravy.....	69
10.1	Výměna elektroohřívače	69
10.2	Lokální zaslepení defektního topného tělesa	75
11.	Závěr	80
12.	Seznam použité literatury	82

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

U ²³⁵	uran 235
I.O	primární okruh
II.O	sekundární okruh
EOKO	elektroohříváče kompenzátoru objemu
TOO	teplotně ovlivněná oblast
KSS	kontrolní svarový spoj
JZ	jaderné zařízení
ZM	základní materiál
PM	přídavný materiál
AO	autorizovaná osoba
LC	logický celek
PKZ	plán kontrol a zkoušek
WPS	Welding Procedure Specification
WPQR	Welding Procedure Qualification Record
pWPS	předběžná WPS
NTD A.S.I	normativně technická dokumentace asociace strojních inženýrů
ČSN	česká státní norma
LaP	limity a podmínky
SÚJB	Státní Úřad pro Jadernou Bezpečnost

1. ÚVOD

Touto diplomovou prací popisují celou problematiku opravy elektroohřívače kompenzátoru objemu. Od funkce kompenzátoru objemu, plnění všech legislativních požadavků a jejich realizaci, kompletního popisu průběhu opravy až po technologický postup opravy.

Provozování jaderných elektráren sebou nese určitá specifika, která musí být bezesbýtku splněna. Provozovat zařízení jaderné elektrárny znamená neohrožovat za stanovených podmínek lidské zdraví a majetek. Po celou dobu životnost zařízení musí plnit technické požadavky, které jsou obsaženy v prováděcím předpisu nebo jiné závazné dokumentaci. Opravy zařízení na jaderných elektrárnách obnáší plnění nejenom všeobecných normativních předpisů, ale i technických požadavků k zajištění technické bezpečnosti jaderných zařízení. Při neočekávané závadě na zařízení jaderné elektrárny se musí vždy splnit všechny požadavky státní legislativy a požadavky provozovatele elektrárny ČEZ a.s., abychom mohly opravu realizovat.

Porušením integrity povrchu topného tělesa elektroohřívače v kompenzátoru objemu má velký vliv na samotný provoz jaderné elektrárny, a to ať už při nominálním provozu bloku, tak při najíždění bloku. Oprava elektroohřívače je v tomto případě téměř nutná.

Náročnost opravy, a to jak finanční tak časová, je výsledkem legislativních požadavků a možnosti realizovat opravu pouze při plnění LaP, odstavení bloku a úplném drenážování kompenzátoru objemu. V případě opravy EOKO se vždy využívá technologie svařování, protože tlakové části musí být spojeny nerozebíratelným spojem. Kvalita procesu svařování je v průběhu opravy kontrolována na několika úrovních (realizátor opravy, provozovatel, technická kontrola, technická bezpečnost a SÚJB).

2. JADERNÁ ENERGETIKA

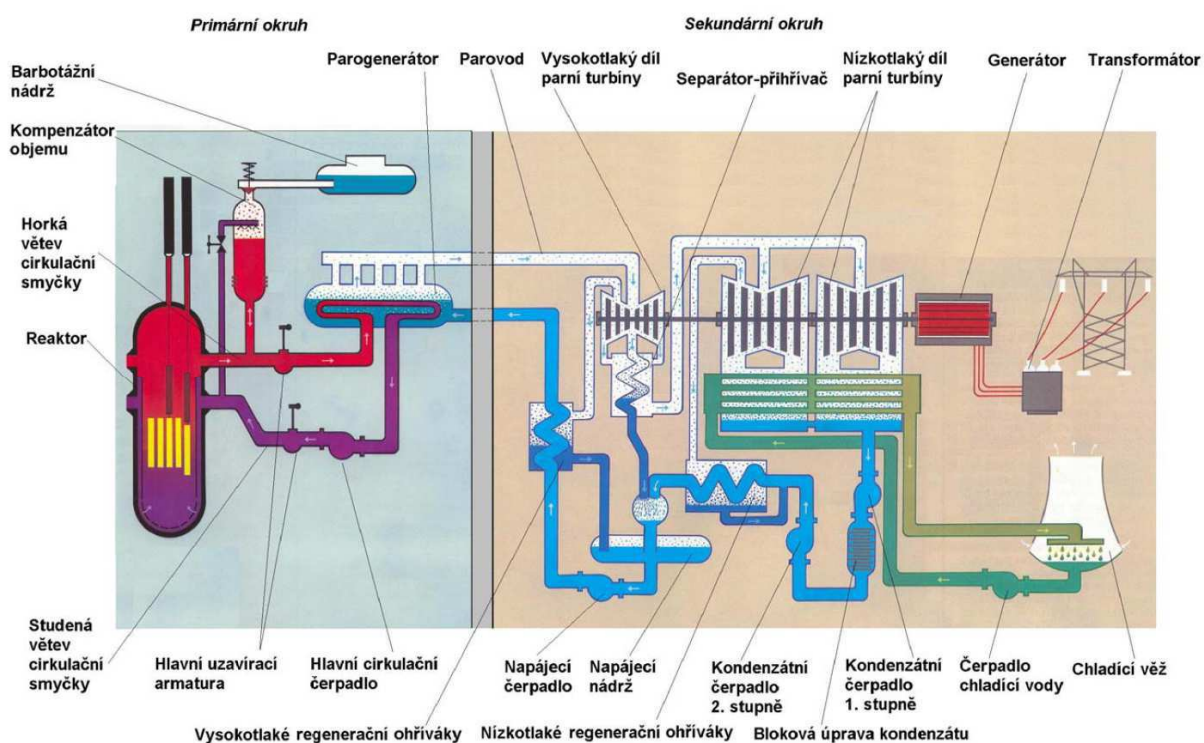
Historie jaderné fyziky začíná v 16. století v Jáchymově, kde se těžila stříbrná ruda. Když havíři narazily na černý kámen znamenalo to konec žíly. Proto začali tomuto černému kameni říkat "smolná ruda" a zjednodušeně smolinec. V roce 1789 německý chemik Martin Klaproth objevil ve smolinci uran obsažený v oxidu uraničitém. Hlavním uplatnění v té době měl uran při výrobě barev pro barvení skla nebo porcelánu. O 100 let později objevila M. Curie-Sklodovská v jáchymovském smolinci dva nové prvky - rádium a polonium. V roce 1939 Otto Hahnem a Lisa Meitnerová objevili nový radioaktivní prvek protaktinium a podařilo se jim objasnit podstatu jaderné reakce, která se stala základem současné jaderné energetiky. Bylo to rozbití jádra uranu jeho ostřelováním neutrony, při němž se uvolňuje velké množství energie (štěpení).

První řízená řetězová štěpná reakce byla provedena v prosinci 1942 v jaderném reaktoru CP-1 postaveném italským fyzikem Enrico Fermim. Jaderný reaktor postavil se svým týmem v podzemí stadionu Chicagské univerzity. Základem reaktoru byl 6 metrů vysoký blok z 45 000 grafitových briket s vyvrtanými otvory pro uranové tyče. Při testování bylo použito 6 tun kovového uranu a 50 tun oxidu uraničitého.

Po skončení druhé světové války nabyla těžba uranu velkou důležitost a stala se strategickou surovinou, a to jak pro zbrojní průmysl, tak i pro mírové využití. Koncem roku 1953 vyrobil americký pokusný reaktor EBR-1 elektrickou energii pro rozsvícení čtyř žárovek. Byl to malý začátek pro využití jaderné energie, protože už za necelý rok sovětský svaz 27. července 1954 v Obnisku spustil první jadernou elektrárnu o výkonu 5MWe. Následovala jaderná elektrárna s reaktorem PWR Shippingport o výkonu 68 MWe, která byla spuštěna v roce 1957. V roce 1961 byla spuštěna velká zkušební elektrárna Yankee o výkonu 134 MWe, o dva roky později v sovětském svazu byl zpuštěn reaktor VVER o výkonu 210 MWe. V roce 1974 byl v USA spuštěn reaktor o výkonu už 1060 MWe a v NSR dokonce o výkonu 1300 MWe. V České republice jsou provozovány dvě jaderné elektrárny - Dukovany a Temelín. Dukovany jsou provozovány od roku 1985 o výkonu 2000MWe (před modernizací v roce 2013 byl výkon 1760MWe) a Temelín je provozován od roku 2001 a výkonu 2000MWe. [1]

2.1 Popis principu výroby elektřiny na jaderné elektrárně VVER 440

Výroba elektrické energie na jaderné elektrárně Dukovany začíná v aktivní zóně reaktoru, kde se přeměňuje jaderná energie U^{235} pomocí řízené štěpné reakce na tepelnou energii. Tepelnou energii z reaktoru odebrává proudící chladivo v primárním okruhu, které je zároveň moderátorem. Celý oběh chladiva v primárním okruhu pak zajišťuje hlavní cirkulační čerpadlo, vždy jedno na studené větvi. Na elektrárně Dukovany je šest větví vedoucích do šesti parogenerátorů (tepelné výměníky). Teplo z primárního okruhu se předá v parogenerátorech sekundárnímu okruhu. Voda v sekundárním okruhu se v parogenerátorech odpaří a vznikne pára. Pára roztočí nejprve vysokotlaký díl parní turbíny a pak nízkotlaký díl parní turbíny. Turbína, která je přímo napojená na generátor vyrábí elektrický proud (přeměna mechanické energie na elektrickou). Pára odcházející z turbíny je ochlazena v kondenzátoru a přeměněna zpět na kapalinu. Voda pak proudí zpět do parogenerátoru. Kondenzátory jsou chlazeny vodou z cirkulačního okruhu. Voda proudící v cirkulačním okruhu odebírající teplo kondenzátoru je odváděna do chladících věží, kde je teplo odváděno do okolního ovzduší.



Obr. 1 Principiální schéma Jaderné elektrárny Dukovany s reaktorem VVER 440 [3]

2.2 Popis primární části jaderné elektrárny VVER 440

Primární okruh jaderné elektrárny s tlakovodním reaktorem je určen k přeměně jaderné energie na tepelnou a k přenosu tepelné energie do sekundárního okruhu. Proces a přenos energie je realizován pomocí základních zařízení primárního okruhu.

Základní zařízení primárního okruhu jaderné elektrárny s tlakovodním reaktorem VVER 440 typu V-213-č tvoří:

- tlakovodní reaktor,
- hlavní cirkulační potrubí,
- hlavní uzavírací armatury,
- hlavní cirkulační čerpadla,
- parogenerátory (teplosměnné výměníky),
- systém kompenzace.

Hlavní cirkulační potrubí je tvořeno šesti cirkulačními smyčkami. Každá cirkulační smyčka se skládá ze studené a horké větve o jmenovité světlosti DN 500. Horké i studené větve jsou připojeny k reaktoru a k šesti horizontálním parogenerátorům.

V každé horké větvi cirkulační smyčky je umístěna hlavní uzavírací armatura a na jednu horkou větev je neoddělitelně připojen kompenzátor objemu, který je součástí systému kompenzace objemu.

V každé studené větvi cirkulační smyčky je rovněž umístěna hlavní uzavírací armatura a hlavní cirkulační čerpadlo. Ke studené větvi cirkulační smyčky, k jejíž horké větvi je připojen kompenzátor objemu, je připojeno potrubí spojené se sprchou kompenzátorů objemu.

Hlavních uzavíracích armatur je celkem 12 - šest ve studených větvích a šest v horkých větvích cirkulačních smyček. Hlavních cirkulačních čerpadel je celkem šest. Jaderná energie se mění na tepelnou v tlakovodním reaktoru pomocí řízení štěpné řetězové reakce probíhající v aktivní zóně reaktoru. Štěpený materiál - jádro izotopu U^{235} – je obsaženo v palivových tabletách umístěných v palivových článcích. Soubor palivových článků tvoří palivovou kazetu. Z palivových kazet je složena aktivní zóna. V aktivní zóně je 312 obalových palivových kazet šestihranného profilu a každá kazeta je tvořena 126 palivovými články. Aktivní zóna je tedy teplosměnná plocha tvořená palivovými články. Teplená energie vznikající štěpením jader v aktivní zóně přestupuje stěnami palivových článků do obyčejné chemicky upravené vody a ohřívá ji. Voda, která takto ochlazuje

palivové články (odvádí teplo z jejich povrchu) se nazývá chladivo I.O. Ohřáté chladivo I.O. je z aktivní zóny reaktoru odváděno horkou větví cirkulační smyčky do další teplosměnné plochy umístěné v parogenerátoru. Ze II.O. se do parogenerátorů přivádí napájecí voda tak, aby teplosměnná plocha byla v této vodě zcela ponořena. Uvnitř trubek teplosměnné plochy proudí chladivo I.O. ohřáté v aktivní zóně. Teplo z chladiva I.O. přestupuje stěnami trubek teplosměnné plochy do napájecí vody a uvádí ji do varu. Pára vzniklá varem napájecí vody je z parogenerátoru odváděna parovodem do parní turbíny umístěné v II.O.

Chladivo I.O, které se ochladí přestupem tepla přes stěny trubek teplosměnné plochy parogenerátoru do napájecí vod II.O., se odvádí studenou větví cirkulační smyčky zpět do aktivní zóny reaktoru, kde se opět ohřeje a opět odvádí horkou větví cirkulační smyčky do parogenerátoru.

Parogenerátor je rekuperační tepelný výměník, který zajišťuje přenos tepelné energie z primárního do sekundárního okruhu. Na parogenerátor jsou kladeny vysoké požadavky z hlediska těsnosti protože odděluje radioaktivní primární kruh od neradioaktivního sekundárního okruhu.

Nucenou cirkulaci chladiva I.O. mezi aktivní zónou reaktoru a teplosměnnou plochou parogenerátoru zabezpečuje hlavní cirkulační čerpadlo umístěné ve studené větví cirkulační smyčky.

Dispoziční uspořádání I.O. umožňuje dochlazování aktivní zóny přirozenou cirkulací chladiva při odstavených hlavních cirkulačních čerpadlech. Přirozenou cirkulací je teoreticky možno odvést maximálně 10% nominálního výkonu.

V případě poruchy parogenerátoru nebo hlavního cirkulačního čerpadla je možno oddělit pomocí hlavních uzavíracích armatur příslušnou cirkulační smyčkou od reaktoru. Přitom je nutno snížit výkon reaktoru tak, aby odpovídal odvodu tepla zbylými provozovanými cirkulačními smyčkami.

Protože obohacení paliva štěpitelnými jádry U^{235} je nízké (cca 4% U^{235}), můžeme pro štěpení využívat pouze tepelné neutrony. Energie rychlých neutronů vznikajících rozštěpením jader U^{235} se proto musí snížit na vhodnou úroveň odpovídající energii tepelných neutronů pomocí moderátoru. V tlakovodním reaktoru je moderátorem voda, která je zároveň chladivem I.O.

K dalším součástem aktivní zóny patří regulační kazety, které slouží k řízení výkonu, spouštění, odstavování a havarijnímu odstavování reaktoru. Regulační kazety tedy kompenzují krátkodobé změny reaktivity.

Dlouhodobé změny reaktivity, jako např. vyhoření paliva, se kompenzují kyselinou boritou rozpouštěnou v chladivu primárního okruhu.

Vnitroreaktorové měření zabezpečuje přenos informací o velikosti neutronového toku a teploty chladiva, které jsou důležité pro řízení výkonu reaktoru. Pomocí samonapájecích detektorů umístěných v některých palivových kazetách se určuje prostorové rozložení neutronového toku v aktivní zóně. K měření teploty chladiva na výstupu z aktivní zóny se používají termočlánky.

Přenosové trasy vnitroreaktorového měření jsou pomocí vnitřních vestaveb reaktoru a horního bloku vyvedeny mimo reaktor.

Přebytečná zásoba reaktivity paliva v aktivní zóně na počátku kampaně se kompenzuje pomocí regulačních kazet a kyselinou boritou rozpouštěnou v chladivu I.O. Odstavená koncentrace je $12\text{gH}_3\text{BO}_3/1\text{ kg H}_2\text{O}$. Koncentrace kyseliny borité v chladivu I.O. se snižuje v souvislosti se snižováním počtu rozštěpených jader U^{235} . Ke konci kampaně je koncentrace kyseliny borité téměř nulová a počet jader U^{235} tak nízký, že se reaktor musí odstavit.

K odstavení reaktoru se do aktivní zóny zavedou absorpční části regulačních kazet a hodnota koncentrace kyseliny borité se zvýší na odstavnou, aby se přerušila štěpná reakce a tím i vývin tepla. Co nelze přerušit, je vývin zbytkového tepla od rozpadu radioaktivních izotopů, které se nahromadily v palivu rozštěpením jader U^{235} . Proto se musí aktivní zóna reaktoru po jeho odstavení dochlazovat na teplotu vhodnou pro demontáž reaktoru a provedení výměny paliva.

Primární okruh je tlaková nádoba zaplněná chladivem – obyčejnou, chemicky upravenou vodou, jejíž objem se mění na základě objemové roztažnosti, v závislosti na její teplotě. Zvyšováním teploty chladiva se zvětšuje jeho objem, snižováním jeho teploty se naopak jeho objem zmenšuje, ale objem primárního okruhu je stejný. Zvyšování teploty chladiva proto vede k růstu jeho tlaku a snižování jeho teploty vede k poklesu tlaku chladiva. Základním provozním a bezpečnostním požadavkem je stálý tlak chladiva primárního okruhu. Tento požadavek je zabezpečen pomocí kompenzátoru objemu, který kompenzuje tlakové a objemové změny chladiva dané změnami jeho teplot. Kompenzátor objemu je proto neoddělitelně připojen na jednu horkou větev cirkulační smyčky. Za normálního provozu je zaplněn asi do dvou třetin výšky chladivem primárního okruhu a zbytek prostoru nad jeho hladinou je zaplněn sytou párou, protože v jeho spodní části jsou umístěny elektroohříváče, které ohřívají chladivo při daném tlaku na mez sytosti.

Kompenzátor objemu je jediným zařízením I.O., v němž při daném provozním tlaku může být chladivo uvedeno do varu. V jiné části I.O. nesmí dojít k varu chladiva.

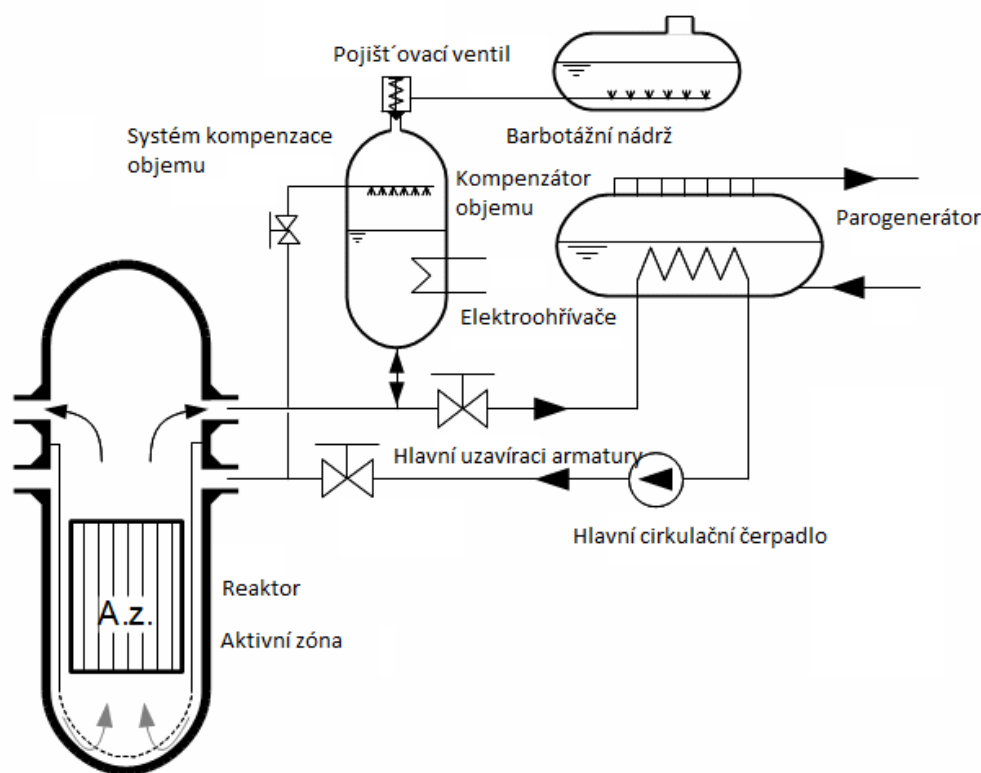
Kompenzátor objemu je v podstatě expanzní nádoba s řízeným tlakem. Při snížení tlaku v I.O. se pomocí dalších elektroohříváčů zvýší tepelný výkon kompenzátoru objemu a tím se zvětší množství páry nad hladinou chladiva, což vede ke zvýšení tlaku, protože objem kompenzátoru se nemůže měnit.

Při zvýšení tlaku v I.O. se do parního prostoru kompenzátoru zavede pomocí sprchy chladivo ze studené větve cirkulační smyčky, což vede ke kompenzaci páry a tím ke snížení tlaku.

Primární okruh je proti překročení tlaku zajištěn pomocí pojistných ventilů připojených k parnímu prostoru kompenzátoru objemu. Výfuk pojistných ventilů je zaveden do barbotážní nádrže, v které pára kondenzuje, což vede ke snížení tlaku v kompenzátoru a tím i v I.O.

Kompenzátor objemu, pojistné ventily a barbotážní nádrž tvoří systém kompenzace objemu.

Výměna paliva je kampaňovitá a provádí se na odstaveném, dochlazovaném a otevřeném reaktoru. [2]



Obr. 2 Principiální schéma primární části Jaderné elektrárny Dukovany [3]

3. KOMPENZÁTOR OBJEMU

Primární okruh je uzavřený tlakový systém zaplněný chladivem – vodou. Při změnách teploty chladiva nebo jeho množství dochází k růstu nebo poklesu jeho objemu a tím k růstu nebo poklesu jeho tlaku. Tlak v I.O nesmí překročit hodnoty vedoucí k porušení jeho celistvosti a rovněž nesmí klesnout na hodnoty vedoucí k varu chladiva v aktivní zóně reaktoru.

Význam funkce kompenzátoru objemu pro normální provoz I.O spočívá v tlumení rázů, pulsací, zmenšení poklesu, respektive vzrůstu tlaku v I.O vlivem změn teploty chladiva I.O nebo vlivem změny množství vody v I.O.

Kompenzátor objemu, který je součástí systému kompenzace objemu, je tedy určen k vyrovnávání tlakových a objemových změn chladiva I.O. během přechodových režimů spojených se změnou teploty chladiva I.O. Dále je určen k vytváření počátečního tlaku 2 MPa v I.O. v režimu najíždění, k udržování pracovního tlaku 12,26 MPa v I.O. za provozu bloku pomocí parního polštáře a k dochlazování I.O. v režimu odstavení bloku. Vnitřní objem kompenzátoru objemu můžeme rozdělit na vodní a parní.

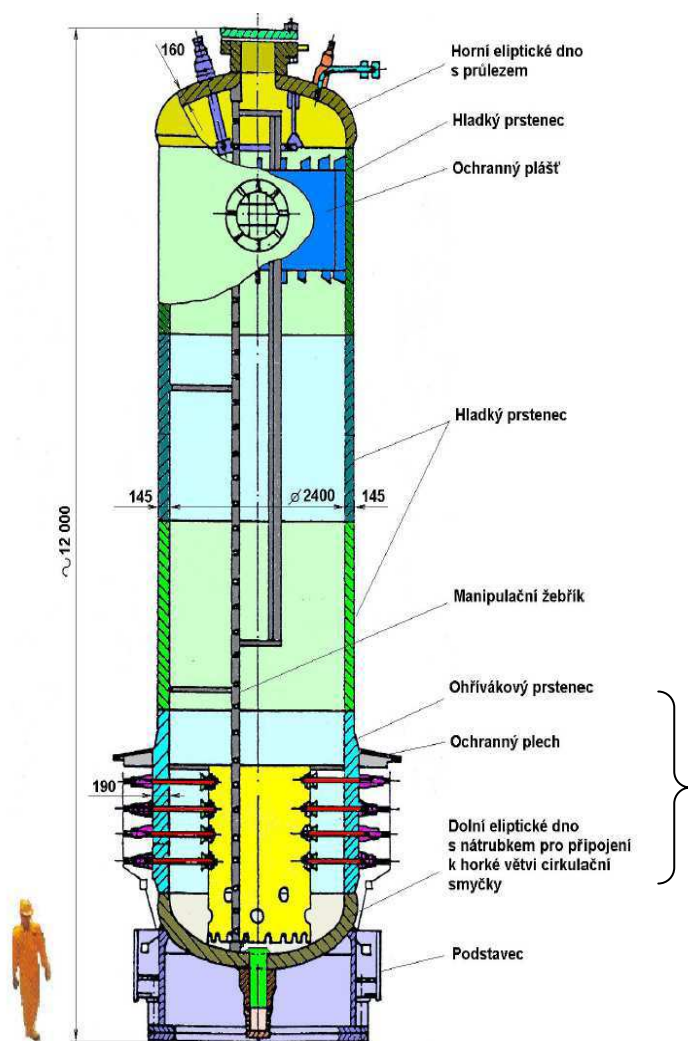
Vodní objem tvoří chladivo I.O a parní objem tvoří sytá pára, která vzniká odparem tohoto chladiva. Pomocí potrubí, v němž není žádná armatura, je vodní objem kompenzátoru objemu spojen s neoddělitelnou částí horké větve cirkulační smyčky mezi hlavní uzavírací armaturou a reaktorem.

V parním objemu kompenzátoru objemu je umístěno sprchovací zařízení spojené potrubím, ve kterém jsou umístěny vstřikovací armatury s neoddělitelnou částí studené větve cirkulační smyčky mezi hlavní uzavírací armaturou a reaktorem. Parametry uvnitř kompenzátoru objemu odpovídají stavu nasycených par chladiva. Při malém poklesu tlaku dojde k porušení rovnováhy na mezi sytosti a k intenzivnějšímu odpařování chladiva, protože teplota v kompenzátoru objemu je nad teplotou nasycených par při daném stavu. Zvětšením objemu páry se zvýší tlak a parametry v kompenzátoru objemu se vyrovnají. Při malém zvýšení tlaku opět dojde k porušení rovnováhy, protože teplota v kompenzátoru objemu je nižší, než teplota sytosti při mírně zvýšeném tlaku. Tím dojde ke kondenzaci páry a zmenšení jejího objemu. Důsledkem zmenšení objemu páry je snížení tlaku a opětovné vyrovnání parametrů v kompenzátoru objemu. Pomocí této samoregulační schopnosti se kompenzují malé změny tlaku chladiva I.O.

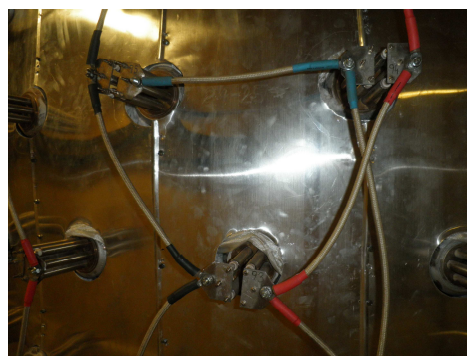
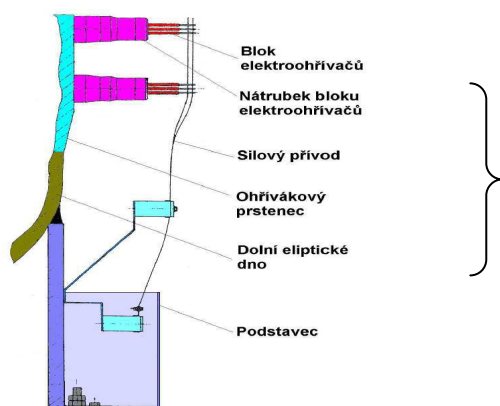
Při větších tlakových změnách, kdy se neuplatní samoregulační schopnost kompenzátoru objemu, se pomocí elektroohřevu tlak zvyšuje nebo se pomocí sprchy tlak snižuje.

Zvýšení tlaku v kompenzátoru objemu, a tím i v I.O., se provádí odpařováním vody pomocí elektrického ohřevu. Při větším snížení tlaku v I.O. dojde působením elektroohříváčů ke zvýšení teploty chladiva v kompenzátoru objemu a tím ke zvýšení jeho odparu. Zvýšením odparu se zvýší množství páry v uzavřeném prostoru nad hladinou chladiva v KO, což vede ke zvýšení tlaku v kompenzátoru objemu a tím i v I.O.

Snižování tlaku se provádí částečnou kondenzací páry v prostoru nad hladinou chladiva v kompenzátoru objemu. Při větším zvýšení tlaku v I.O. se pomocí sprchy dopraví studenější chladivo ze studené větve cirkulační smyčky do parního prostoru KO a tím dojde k částečné kondenzaci páry. Kondenzací páry se zmenší její množství v uzavřeném prostoru nad hladinou chladiva v kompenzátoru objemu, což vede ke snížení tlaku v KO a tím i v I.O. Pokud vstřík pomocí sprchy nedokáže zastavit růst tlaku v I.O., dojde k otevření odlehčovacího nebo hlavního pojistného ventilu a odfuku páry do barbotážní nádrže a tím ke snížení tlaku. Za nominálního provozu elektroohříváče ohřívají vodní náplň kompenzátoru objemu (chladivo I.O.) na teplotu 325 °C při tlaku 12,26 MPa. Vznikající sytá pára tak vytváří nad hladinou vody v kompenzátoru objemu parní polštář, jehož pomocí se koriguje tlak v I.O. [2]



Obr. 3 Kompenzátor objemu [3]



Obr. 4 Detail dolní části kompenzátoru objemu [3]

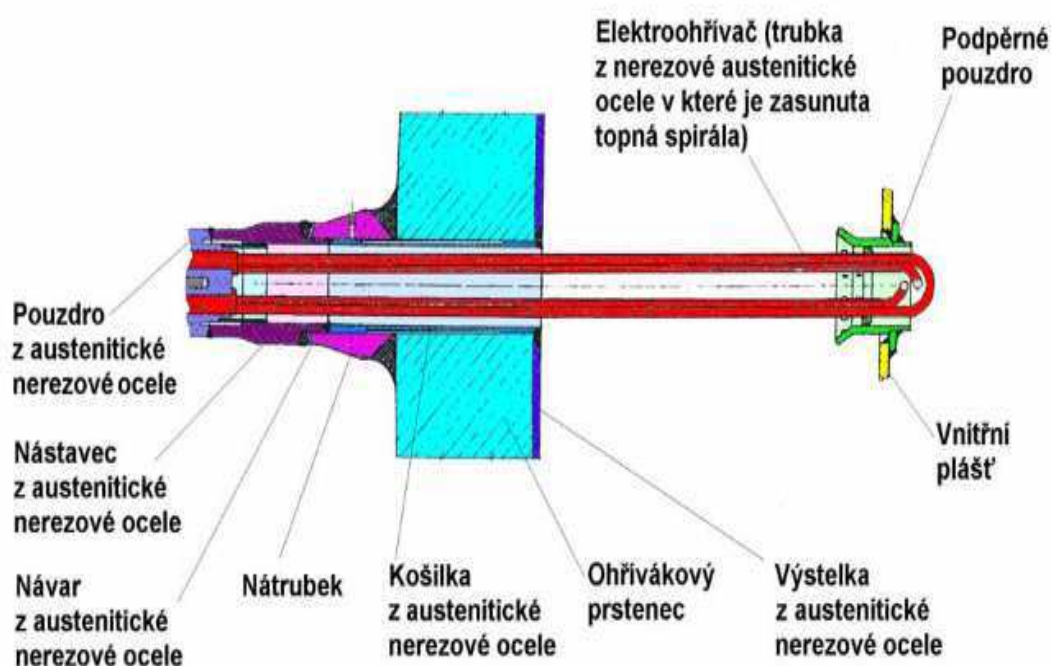
3.1 Základní parametry kompenzátoru objemu

1. pracovní přetlak	12,25 MPa
2. pracovní teplota	325 °C
3. objem páry (za normálního režimu)	18 m ³
4. objem vody (za normálního režimu)	26 m ³
5. hmotnost kompenzátoru	127 000 kg
6. celkový výkon elektroohříváčů	1 620 kW
7. výkon jednoho bloku elektroohříváče	15 kW
8. výkon jednoho elektroohříváče	5 kW
9. napětí elektroohříváčů	380 V
10. druh proudu	střídavý
11. frekvence	50 Hz
12. zapojení elektroohříváčů	paralelní
13. tlak při zkoušce těsnosti I.O.	13,72 MPa
14. tlak při pevnostní zkoušce I.O.	16,34 MPa
15. rozměry: výška	12 000 mm
16. vnější průměr	3 800 mm

3.2 Elektroohříváče

Elektroohříváče jsou v kompenzátoru objemu jediným elektrickým zařízením. Jednotlivé elektroohříváče, o počtu 108 ks, jsou v ohřívákovém prstenci přivařeny k nátrubku.

Nástavec elektroohříváče se skládá ze tří částí. První část je pouzdro, druhá část je nástavec z nerezové oceli 08CH18N10T a třetí část je nátrubek z oceli 22k, který je přivařen k plášti kompenzátoru objemu. Přes nátrubek a plášť až do vnitřní části kompenzátoru objemu je košilka z nerezové oceli 08CH18N10T. Na nástavec z nerezové oceli je přivařeno pouzdro z austenitické nerezové oceli (08CH18N10T), ve kterém je šest otvorů pro průchod a utěsnění trubek elektroohříváčů, které mají tvar U. Celým nástavcem až do vnitřního prostoru kompenzátoru objemu pak prochází elektroohříváč. [2]



Obr. 5 Blok elektroohříváče [3]

Elektroohřívače jsou rozděleny podle výkonu do pěti skupin:

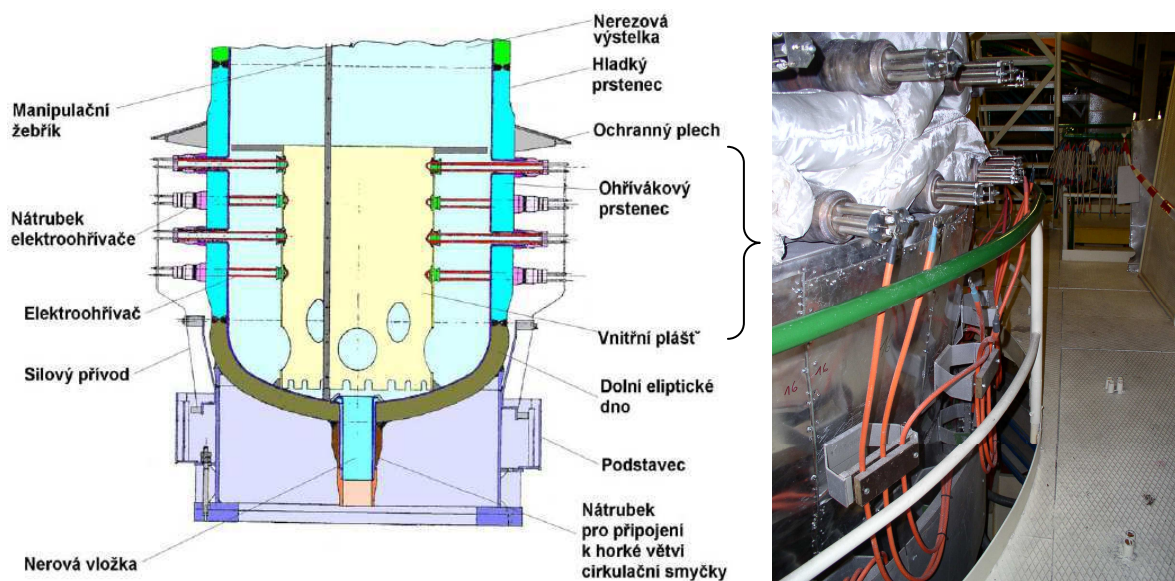
1. skupina 2 x 90 kW,
2. skupina 2 x 90 kW,
3. skupina 1 x 360 kW (4 x 90 kW),
4. skupina 1 x 360 kW (4 x 90 kW),
5. skupina 1 x 540 kW (6 x 90 kW).

Celkový výkon elektroohřívačů je 1620 kW.

3.3 Funkce elektroohřívače

Nominální provoz bloku - při snížení tlaku chladiva primárního okruhu dojde k zapnutí elektroohřívačů, které zvýší teplotu chladiva primárního okruhu v kompenzátoru objemu a následkem toho dojde k odpařování a zvětšení objemu páry a tím i tlaku. Slouží k ohřevu chladiva primárního okruhu na teplotu 325°C při tlaku 12.25 MPa.

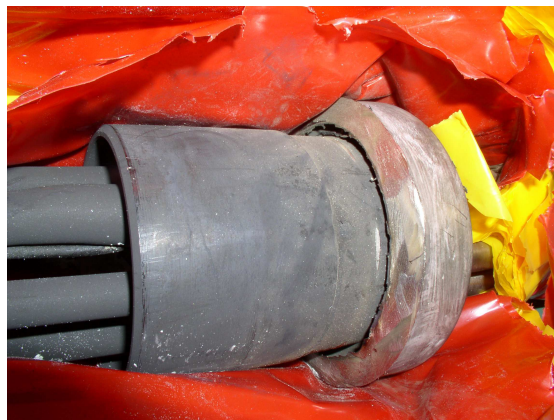
Spuštění bloku - elektroohřívač slouží k ohřevu chladiva primárního okruhu na provozní teplotu bloku pro spuštění bloku.



Obr. 6 Dolní část kompenzátoru objemu [3]

3.4 Vznik vady na elektroohříváči

Jaderná elektrárna Dukovany byla projektována na 30 let provozu a to včetně všech zařízení. Proto některá zařízení vlivem provozu ztrácela požadované vlastnosti a proto musela být vyměněna nebo renovována. Vady na elektroohříváčích vznikají dlouhodobým působením media primárního okruhu, kdy dochází k porušení integrity povrchu topného tělesa elektroohříváče. Integrity povrchu elektroohříváče je nejprve narušena vlásenčnicovou trhlinou. Vlásenčnicová trhlina se postupně za provozu bloku začne zvětšovat. Touto trhlinou pak následně při rozdílném tlaku v kompenzátoru objemu a elektroohříváče začne pronikat voda primárního okruhu. Při náběhu nebo za nominálního provozu bloku vytváří elektroohříváče velkou teplotu. V důsledku vysoké teploty elektroohříváče vzniká pára z pronikající primární vody. Pára poté začne pára prostor elektroohříváče vyplňovat. Tímto začnou vznikat velké expanzní síly, které v nejslabším místě elektroohříváče protřhnou elektroohříváč (obr. 7). Takto porušený elektroohříváč už nemůže plnit svou funkci a musí být vyměněn. Nefunkčních elektroohříváčů může být maximálně 10% z celkového výkonu 1620 kW.



Obr. 7 Porušená integrity povrchu topného tělesa [4]

4. ZÁKLADNÍ MATERIÁL 08CH18N10T

Jedná se o chromniklovou austenitickou stabilizovanou nerezovou ocel odolnou proti mezikristalické korozi dle Ruské normy GOST 5632-72. Tato ocel je použita na jaderných elektrárnách projektovaných podle ruské licence (Dukovany a Temelín). Má vlastnosti, které jsou z pohledu provozu jaderných elektráren velmi pozitivní. Jedná se o celkovou odolnost proti korozi agresivního prostředí, která je také zpravidla hlavním vodítkem při volbě použití jednotlivých ocelí. Často je však nutné vzít v úvahu i technologické vlastnosti jako je dobrá svařitelnost. Toto je hlavní důvod proč se dává přednost austenitické korozivzdorné oceli před ostatními druhy nerezových ocelí například chromovými. Vznik austenitické struktury je zapříčiněn dostatečným množstvím Ni, Mn. Pro dosažení požadované pasivace a mechanických vlastností se musí přidat další legující prvky. Aby byla zachována austenitická struktura oceli, musí být další legující prvky (austenitotvorné a feritotvorné) vyvážené. Ocel 08CH18N10T (složení oceli je v tabulce 1) nepodléhá fázovým přeměnám a je nemagnetická. Tepelným zpracováním nedocílíme zvýšení tvrdosti, protože nedochází k žádné transformaci. Vyšší obsah chromu v oceli 08CH18N10T zvyšuje odolnost proti oxidačnímu prostředí, zatímco nikl zvyšuje odolnost proti redukčním kyselinám. Získaná pasivační odolnost oceli 08CH18N10T je hlavním důvodem použití pro jaderné elektrárny primárního okruhu. [5] [6] [7]

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Ti	N	Co	Cu	
0,08	1,5	0,8	17-19	10-11	0,035	0,02	0,6	0,05	0,025	0,03	hm. %

Tab. 1 Chemické složení oceli 08Ch18N10T [5]

Značka ocel	X	T _{max} [°C]	Teplota [°C]							
			20	50	100	150	200	250	300	350
08CH18N10T	R _m	350	510	471	461	441	421	421	412	412
	R _{q02}		216	206	206	206	187	187	177	177
	As		35	32	30	30	27	26	26	26
	Z		35	55	55	55	54	53	52	51
X - Minimální zaručované hodnoty mechanických charakteristik [MPa]										
T _{max} - Mezní teplota použití materiálu [°C]										

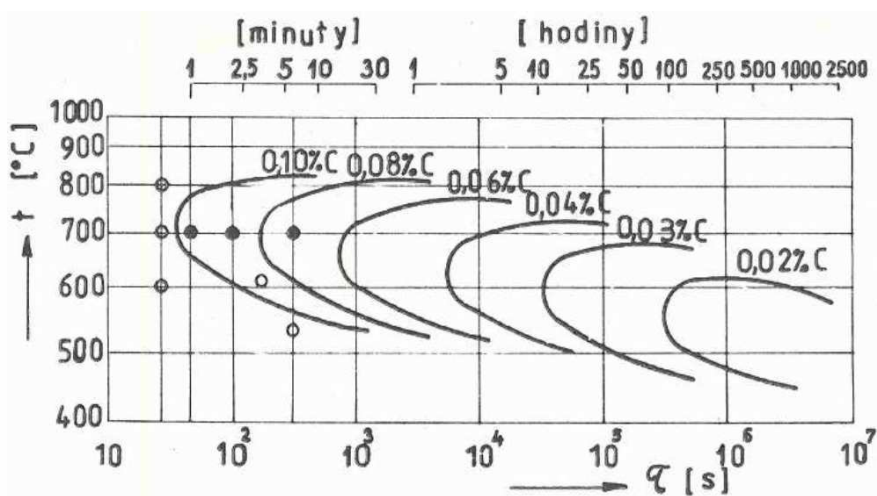
Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli 08Ch18N10T [10]

4.1 Koroze oceli 08CH18N10T

Korozivzdorné oceli nemusí vždy splňovat požadavky, které jsou na ně kladeny při provozu. Jedná se o prostředí, které je velmi agresivní a úbytek materiálu je velmi velký. Proto je velmi důležité znát požadavky prostředí, ve kterém bude materiál použit.

4.1.1 Koroze mezikrystalická

Mezikrystalická koroze je nejvíce hrozícím nebezpečím poškození nerezových ocelí. Koroze vzniká dlouhodobým provozem při teplotách 500 °C až 800 °C. Při těchto podmínkách se začínají postupně vylučovat z tuhého roztoku austenitu nestabilní karbidy chromu. Takto se ochuzují hraniční oblasti o chrom a následně vzniklé karbidy chromu difundují na hranicích zrn. Vylučování karbidu chromu na hranicích zrn je základním předpokladem pro vyvolání náchylnosti oceli k mezikrystalické korozi. K samotné mezikrystalické korozi dochází až působením dalších agresivních medií. U teplot nad 100 °C a vysokém tlaku dochází k mezikrystalické korozi i v prostředí vody a páry za přítomnosti kyslíku nad 0,3mg/kg. V případě odvzdušněné vody nebo páry k mezikrystalické korozi nedochází ani u ocelí náchylných. Způsob zabránění mezikrystalické korozi je delegováním titanu, niobu nebo co nejrychlejší ochlazení svarového spoje. Právě obsahem titanu je ocel 08CH18N10T odolná proti mezikrystalické korozi. Základní posouzení odolnosti materiálu proti mezikrystalické korozi můžeme zjistit z Rollasonových křivek (obr. 8). Dle jednotlivých křivek vidíme, že čím více uhlíku obsahuje ocel, tím kratší doba ohřevu stačí na to, aby se začaly vylučovat karbidy chromu. [6] [7]



Obr. 8 Rollasonovy křivky (C křivky) [7]

5. SVAŘOVÁNÍ

5.1 Metoda svařování číslo 141

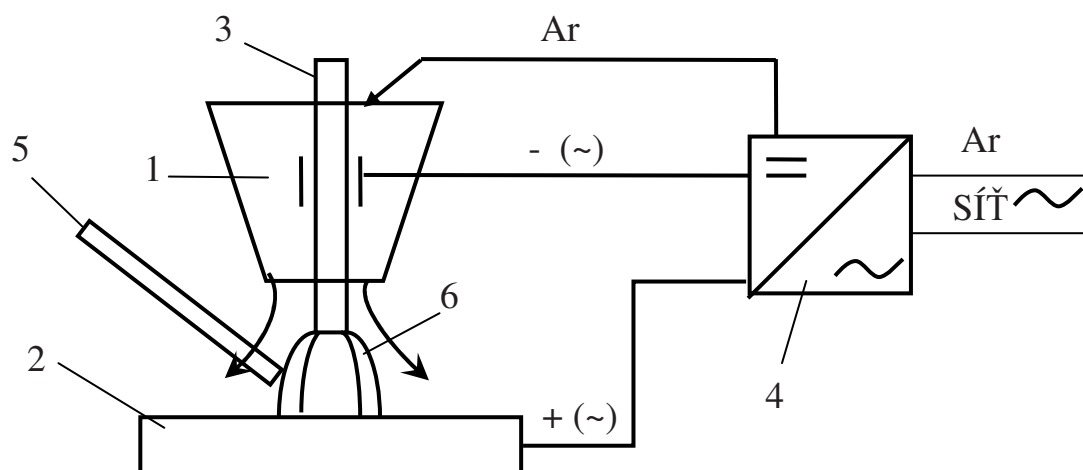
Jedná se o obloukové svařování v inertním ochranném plynu netavící se elektrodou. Plyn tvoří ochranu elektrody, oblouku, odtavujícím kapkám přídavného materiálu a tavné lázni proti okolní atmosféře a to zejména kyslíku, dusíku a vodíku.

5.1.1 Princip svařování metodou 141

Princip svařování spočívá v hoření oblouku mezi netavící elektrodou a základním materiálem. Plyn, který proudí z plynové hubice, tvoří ochranu elektrody a tavné lázně. Ochranný netečný plyn argon je o vysoké čistotě s minimální hodnotou 99.996 %.

Při svařování metodou 141 můžeme rozdělit svařování podle druhu proudu na svařování střídavým proudem, které se používá při svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin a na svařování stejnosměrným proudem s nejčastějším použitím na vysokolegovanou ocel, měď, nikl a další. Díky vysoké kvalitě svarového spoje se používá tato technologie u obtížně svařitelných materiálů, které mají vysokou afinitu ke kyslíku jako například titan.

[8]



Obr. 9 Princip svařování metodou 141

1. svařovací hubice
2. základní materiál
3. netavící se elektroda
4. zdroj svařovacího proudu
5. přídavný materiál
6. elektrický oblouk

5.2 Problematika svařování austenitických CrNi ocelí

Austenitická nerezová ocel je velmi dobře svařitelná a značně houževnatá při nízkých teplotách. Při svařování austenitických ocelí musíme mít na paměti, že jejich tepelná roztažnost je až o 50% vyšší než oceli perlitické, což může způsobit velké deformace a zbytková pnutí. Tepelná vodivost je o 60% nižší než u oceli perlitické, tím se nám koncentruje velké množství tepla do TOO. Vnesené teplo by mělo být omezeno nebo odváděno pro minimalizaci trhlin za tepla. Volba přídavného materiálu musí být stejná nebo co nejvíce podobná chemickému složení základního materiálu. Důležitost sladění přídavného a základního materiálu se nám pak projeví na vlastnostech svarového spoje. Titan nebo Niob v přídavném materiálu při dodržování teploty interpass 100°C může zabránit vzniku trhlin za tepla nebo mezikrystalické korozi. [15]

6. ORBITÁLNÍ SVAŘOVACÍ AUTOMAT


Nové technologie ve svařování nám dnes umožňují provádět opravy rychleji za dodržení nejvyšší kvality, jako při ručním svařování. Svařovacím orbitálním pulsním automatem můžeme výměnu elektroohřívačů urychlit. Proto opravu výměny elektroohřívačů budeme směřovat prvotně na použití orbitálního pulsního svařovacího automatu a jako záložní řešení v případě poruchy nebo jiných nečekaných poruch automatu použijeme ruční svařování.

Hlavním požadavkem na svařovací automat byla aplikovatelnost na opravu výměny elektroohřívačů za použití metody svařování 141. Svařovat budeme pulsním automatem ORBIMAT metodou 141. Svařovací automat se bude skládat z počítačově řízeného zdroje ORBIMAT 300 CA AVC/OSC, chladicího kompresorového zdroje ORBICOOL a otevřených kleští ORBIWELD TP 600 s KD 3-100 s podavačem drátu.


6.1 Sestava svařovacího automatu a parametry

Technické údaje	ORBIMAT 300 CA AVC/OSC Počítačem řízený zdroj proudu pro orbitální svařování s elektronickou regulací délky oblouku (AVC) a rozkyvem (OSC).	
Napájecí napětí	400 V +/- 15%, 50/60 Hz, 3 f	
Rozsah regulace	5 - 300 A	
Zatěžovatel	40% při 300 A	
	60% při 260 A	
	100% při 220 A	
Hmotnost	Hmotnost 37,3 kg	
Rozměry	Rozměry 530 x 400 x 400 mm	

Tab. 3 Svařovací zdroj

Technické údaje	ORBICOOL Active Velmi účinné kompresorové chladicí zařízení s konstantní nastavitelnou teplotou vody. Včetně čidla průtoku vody. Podstatně zvyšuje výkon chlazení svařovacích hlav a kleští.	
Chladicí výkon	814 W	
Rozsah regulace	Napájení	
Zatěžovatel	40% při 300 A	
	60% při 260 A	
	100% při 220 A	
Hmotnost	Hmotnost 37,3 kg	
Rozměry	Rozměry 530 x 400 x 400 mm	

Tab. 4 Kompresorové chlazení

Technické údaje	Otevřené kleště pro orbitální svařování ORBIWELD TP ORBIWELD TP 250 - 100 s podavačem drátu Svařovací kleště TP 600 s KD 3-100	
Vnější průměr trubky (mm)	70-170	
Hmotnost svařovací hlavy (kg)	12,5	

Tab. 5 Svařovací hlava

7. SYSTÉM JAKOSTI SVAŘOVÁNÍ NA JADERNÉ ELETRÁRNĚ

Svařování je na jaderné elektrárně specifikováno jako zvláštní proces. Jelikož je údržba na jaderných elektrárnách prováděna dodavatelským způsobem, musí mít proces svařování jasně definované požadavky. Všechny požadavky na proces svařování jsou definovány ve sdílené dokumentaci vydávané provozovatelem jaderné elektrárny. Tyto dokumenty nám mají pomoci se orientovat v legislativních požadavcích na proces svařování a stanovit jasná pravidla pro všechny dodavatele provádějící proces svařování na jaderné elektrárně. Požadavky a kritéria na proces svařování v dodavatelských organizacích, které plánují, připravují a vykonávají tyto činnosti v etapě výroby, montáže, provozu a oprav jaderných a nejaderných částí, je popsána ve sdílené dokumentaci ČEZ_SD_0020. Oprava elektroohříváčů kompenzátoru objemu spadá dle platných nařízení pro jadernou elektrárnu Dukovany pod vyhlášku 309/2005 Sb. a do bezpečnostní třídy 1.

Dokumentace svařování	VZSN	VZ BT1,2	VZ BT3	StV, VTZ	Ostatní
Úkol pracovního příkazu (údržba, investice, rekonstrukce)	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Zadávací list svařování (údržba)	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Pracovní postup / Pracovní postup opravy (postup svařování)	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
WPS / Instrukce svařování	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Postup tepelného zpracování	Ano	Ano	Ano	Ano	-
Seznam svářečů s platnou kvalifikací podle ČSN EN (ISO)	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Seznam svářečů s kvalifikací dle NTD ASI sekce 1 / ČEZ_SD_0017	Ano	Ano	Ano	-	-
Seznam svářečského dozoru s kvalifikací dle NTD ASI sekce 1 /	Ano	Ano	Ano	-	-

ČEZ_SD_0017					
Seznam pracovníků NDT s kvalifikací dle ČEZ_SD_0017/ČEZ_SD_0004	Ano	Ano	Ano	-	-
Seznam pracovníků provádějící tepelné zpracování	Ano	Ano	Je-li požadováno*	Ano	-
Svařovací plán (v případě že je použito při svařování více než jeden postup svařování)	Ano	Ano	Ano	Ano	-
Záznamový list o svarech	Ano	Ano	Ano	Ano	-
Výkres (schéma) skutečného provedení, např. izometrie, sestavné výkresy, pohledy, apod.	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Protokol a záznam z tepelného zpracování	Ano	Ano	Ano	Ano	-
Rozpiska použitého materiálu	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Dokumenty kontrol základního materiálu	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Dokumenty kontrol přídavného materiálu	Ano	Ano	Ano vyjma technických plynů	Ano vyjma technických plynů	Ano vyjma technických plynů
Dokumenty kontrol ochranného plynu	Ano	Ano	Je-li požadováno*	Je-li požadováno*	-
Protokoly z NDT (s identifikací místa, velikosti a orientace vady ponechané ve svarovém spoji)	Ano	Ano	Ano	Ano	-
Postup opravy vadných míst	Ano	Ano	Ano	Ano	-
Protokoly z laboratorních zkoušek (kontrolní svarové spoje)	Ano	Je-li požadováno*	Je-li požadováno*	Je-li požadováno*	-
Plán kontrol a zkoušek	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Deník svářečských prací	Ano	Ano	Je-li požadováno*	Je-li požadováno*	-

Tab. 6 Rozsah dokumentace svařování na JE [11]

7.1 Vyhlášky o systému jakosti na jaderných elektrárnách

Vybrané zařízení speciálně navrhované (VZSN) – vybrané zařízení speciálně navrhované pro jaderná zařízení. Vybrané zařízení bezpečnostní třídy 1, 2, a 3, jehož případná porucha může způsobit únik radioaktivních látek nebo ionizujícího záření a ohrozit lidské zdraví ve smyslu vyhlášky č. 309/2005 Sb. [20]

Vybrané zařízení (VZ) – zařízení, na která se vztahují požadavky vyhlášky č. 132/2008 Sb. Požadavky na systém jakosti při provádění nebo zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie nebo radiačních činností. [21]

7.2 WPQR a WPS

Oprava elektroohříváčů je prováděna na základě schváleného svařovací postup WPS. Abychom mohli WPS vytvořit, musíme mít platnou a schválenou kvalifikaci postupu svařování WPQR dle normy ČSN EN ISO 15614. Jelikož musíme kvalifikovat svařovací postup jak na ruční svařování, tak i na automatizované svařování, musí být schváleny dva postupy WPQR. [13]

7.3 Kvalifikace svářečů

Svařovací personál musí být kvalifikován na metodu svařování 141, materiálovou skupinu 8 a ruční a automatické svařování. Kvalifikace musí být provedena dle normy ČSN EN 1418 - Zkoušky svářečských operátorů pro tavné svařování a seřizovačů odporového svařování pro plně mechanizované a automatické svařování kovových materiálů. Ruční svařování dle normy ČSN EN 287-1 - Zkoušky svářečů - Tavné svařování – Oceli. Obě kvalifikace ještě musíme doplnit o certifikát schváleného svářeče jaderných zařízení dle NTD. A.S.I sekce 1 a vyhodnocené dle normy PK 1514/72.

7.4 Kontrolní svarový spoj

Jedná se o samostatný kus, který slouží k ověření, zda vlastnosti výrobních, montážních nebo opravovaných svarů odpovídají požadavkům příslušné technické dokumentace. Při výrobě jaderného zařízení musí být kontrolní svarový spoj svařen ze stejného materiálu, jakosti, čísla tavby jako svar na výrobku za dodržení směru vláken po válcování.

Mechanické vlastnosti materiálu a taveb se nesmí lišit od původního materiálu více o jak 5%. Při montáži jaderného zařízení musí být KSS svařen ze stejného materiálu jako montované jaderné zařízení a musí být použita nejméně jedna tavba použitá při jeho výrobě. V případě údržby a opravy JZ musí být KSS svařen z materiálu stejné jakosti jako svar na původním JZ nebo je možné použít jejich schválené ekvivalenty. Přídavný materiál musí být stejné značky jako přídavný materiál použitý při výrobě, údržbě, rekonstrukci nebo opravě JZ. U KSS spadající do působnosti vyhlášky č. 309/2005, musí být dodán přídavný a základní materiál s inspekčním certifikátem 3.2 dle ČSN EN 10204. Pro ostatní kontrolní spoje je dostačující inspekční certifikát 3.1 dle ČSN EN 10204. [10]

Kontrolní svarový spoj se zhotovuje tam, kde je to vyznačené v technické dokumentaci. Pro zařízení v bezpečnostní třídě 1 se zhotovují povinně.

8. REALIZACE LEGISLATIVNÍCH POŽADAVKŮ

8.1 Realizace WPQR a WPS

8.1.1 WPQR pro automatizované svařování

Pro schválení WPQR je potřeba nejprve vytvořit pWPS (obr. 11), tedy předběžný postup svařování. Dle pWPS svaříme trubky o těchto parametrech: tloušťka 12 milimetrů, průměr 90 milimetrů, základní materiál 08CH18N10T a přídatný svařovací materiál Inertfil 19123nC. Svařování proběhlo metodou 141 orbitálním pulsním automatem za dozoru svařovacího technologa, zkušební organizace a autorizované osoby. Vyhotovené svary na trubce byly podrobeny NTD kontrolám s vyhovujícími výsledky. Po vyhodnocení byl vystaven certifikát WPQR od zkušební organizace. S WPQR se následně vytvoří WPS pro opravu.



Obr. 10 Svařený vzorek automatem

pWPS

PŘEDĚŽNÝ SVAŘOVACÍ POSTUP – pWPS č.1 ČSN EN ISO 15614-1

WPQR číslo:

Výrobce:

Způsob přípravy a čištění :

Svarové plochy opracovány třískovým obráběním a broušením. Přilehlá oblast opracována na čistý kov. Odmastit technickým lihem. Housenky čistit nerezovým kartáčem.

Základní materiál: skupina 8.1 (08CH18N10T)

Metoda svařování: 141 Pulsně automaticky

Tloušťka mat.: 12 mm

Typ spoje: BW

Vnější průměr: 90 mm

Poloha svařování: PK,

Kvalifikace svařeče: odpovídající dle ČSN EN 1418

Podrobnosti o přípravě svarových ploch (nákres):

Tvar spoje	Postup svařování

Parametry svařování:

Svarová vrstva	Metoda svařování	Ø Přídavného materiálu (mm)	Napětí (V)	Proudí (A)	Druh proudu/polarita	Posuv drátu [cm/min]
1	141	0,8	7 ÷ 9	70 ÷ 170	ss/-	380/630
2 - 5	141	0,8	7 ÷ 9	70 ÷ 180	ss/-	1650/1900
6 - 7	141	0,8	7- 9	70 - 130	ss/-	600/400

Svařovací materiál, označení: INERTFIL 19123 Nc (DIN EN 1207-W 19123 LSI)

Svařovací materiál, rozměr: Ø 0,8 mm

Předpis sušení: neprovádí se

Ochranný plyn: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 12 ÷ 17 l/min

Ochrana kořene: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 6 ÷ 9 l/min

Teplota předehřevu: neprovádí se

Interpass teplota: max. 100 °C

Typ a průměr wolframové elektrody: WCe 20 (EN ISO 6848) KR 1,6 ÷ 2,4 mm

Teplné zpracování: neprovádí se

Obr. 11 pWPS pulsní automatické svařování

8.1.2 WPQR pro ruční svařování

V případě schvalování WPQR pro ruční svařování proběhne proces schvalování totožným způsobem. Nejprve se vytvoří pWPS (obr. 13). Připravené dílce o parametrech: tloušťka 12 milimetrů, průměr 50 milimetrů, základní materiál 08CH18N10T a přídatný svařovací materiál Sv04CH19N11M3, svaříme dle pWPS. Svařování bude provádět svářeč ručním svařováním metodou 141 za dozoru svařovacího technologa zhotovitele, zkušební organizace a autorizované osoby.



Obr. 12 Svařený vzorek ručně

pWPS

PŘEDĚŽNÝ SVAŘOVACÍ POSTUP – pWPS č.2
ČSN EN ISO 15614-1

WPQR číslo:

Výrobce:

Způsob přípravy a čištění :

Svarové plochy opracovány třískovým obráběním a broušením. Přilehlá oblast opracována na čistý kov. Odmastit technickým lihem. Housenky čistit nerezovým kartáčem.

Základní materiál: skupina 8.1 (08CH18N10T)

Metoda svařování: 141 ručně

Tloušťka mat.: 12 mm

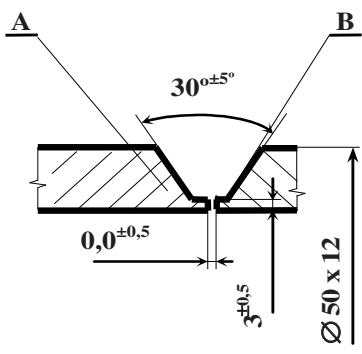
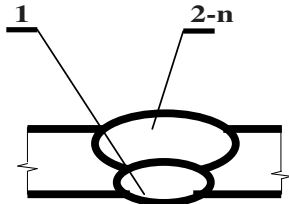
Typ spoje: BW

Vnější průměr: 50 mm

Poloha svařování: PH

Kvalifikace svařeče: odpovídající dle ČSN EN 287-1

Podrobnosti o přípravě svarových ploch (nákres):

Tvar spoje	Postup svařování
	

Parametry svařování:

Svarová vrstva	Metoda svařování	Ø Přídavného materiálu (mm)	Napětí (V)	Proudí (A)	Druh proudu/polarita	Posuv drátu [cm/min]
1	141	2	11 ÷ 139	90 ÷ 120	ss/-	-
2 – n	141	2	12 ÷ 14	90 ÷ 120	ss/-	-

Svařovací materiál, označení: SV04CH19N11M3 (GOST 2246-70)

Svařovací materiál, rozměr: Ø 2,0 mm

Předpis sušení: neprovádí se

Ochranný plyn: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 12 ÷ 17 l/min

Ochrana kořene: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 6 ÷ 9 l/min

Teplota předehřevu: neprovádí se

Interpass teplota: max. 100 °C

Typ a průměr wolframové elektrody: WCe 20 (EN ISO 6848) KR 1,6 ÷ 2,4 mm

Tepelné zpracování: neprovádí se

Obr. 13 pWPS ruční svařování

8.1.3 WPQR pro lokální zaslepení defektního topného tělesa

V případě, že bychom zaslepovali pouze vadné topné těleso, musíme také kvalifikovat WPQR. Pro vytvoření WPQR musíme opět vytvořit pWPS (obr. 15). Tento proces proběhne na trubce a parametrech tloušťka 1,5 milimetru, průměr 13mm a o parametrech zátky: tloušťka 1 milimetr, průměr 10mm. Zátku vložíme do trubky, svářeč svaří zátku s trubicí bez přídavného materiálu a pak druhou vrstvu s přídavným materiálem. Druhá vrstva se svařuje s přídavným svařovacím materiálem Sv04CH19N11M3. Svařování bude provádět svářeč ručním svařováním metodou 141 za dozoru svařovacího technologa zhotovitele, zkušební organizace a autorizované osoby.



Obr. 14 Zavařený vzorek pro lokální zaslepení

pWPS

PŘEDĚŽNÝ SVAŘOVACÍ POSTUP – pWPS č.3
ČSN EN ISO 15614-1

WPQR číslo:

Výrobce:

Způsob přípravy a čištění :

Svarové plochy opracovány třískovým obráběním a broušením. Přilehlá oblast opracována na čistý kov. Odmastit technickým lihem. Housenky čistit nerezovým kartáčem.

Základní materiál: skupina 8.1 (08CH18N10T)

Metoda svařování: 141 ručně

Tloušťka mat.: 1,5-2,5 mm

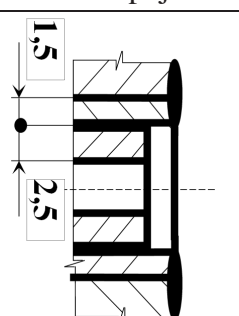
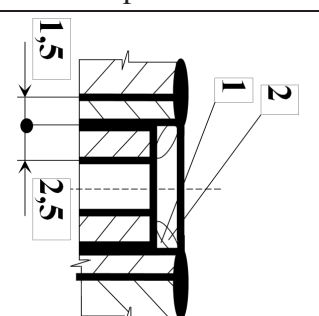
Typ spoje: FW

Vnější průměr: průměr zátky 10-13 mm

Poloha svařování: PB, PH

Kvalifikace svařeče: odpovídající dle ČSN EN 287-1

Podrobnosti o přípravě svarových ploch (nákres):

Tvar spoje	Postup svařování
	

Parametry svařování:

Svarová vrstva	Metoda svařování	Ø Přídavného materiálu (mm)	Napětí (V)	Proudí (A)	Druh proudu/polarita	Posuv drátu [cm/min]
1	141	-	11 ÷ 13	60 ÷ 80	ss/-	-
2	141	2	12 ÷ 14	60 ÷ 80	ss/-	-

Svařovací materiál, označení: SV04CH19N11M3 (GOST 2246-70)

Svařovací materiál, rozměr: Ø 1,2 mm

Předpis sušení: neprovádí se

Ochranný plyn: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 12 ÷ 17 l/min

Ochrana kořene: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 6 ÷ 9 l/min

Teplota předehřevu: neprovádí se

Interpass teplota: max. 100 °C

Typ a průměr wolframové elektrody: WCe 20 (EN ISO 6848) KR 1,6 ÷ 2,4 mm

Tepelné zpracování: neprovádí se

Obr. 15 pWPS pro klokaní zaslepení

8.2 Provedení kvalifikace svářečského personálu

Kvalifikace svářečského personálu v případě automatového svařování proběhne na trubce o rozměrech: průměr 90 milimetrů, tloušťce 12 milimetrů ze základního materiálu 08CH18N10T. Při kvalifikaci ručního svařování proběhne na trubce o rozměrech: průměr 50 milimetrů, tloušťce 12 milimetrů a na trubce o rozměrech 10 milimetrů průměr, tloušťce 1,5 milimetrů ze základního materiálu 08CH18N10T.

U automatizovaného svařování bude použit přídatný materiál INERTFIL 19123 Nc a operátor svaří dva vzorky. V případě ručního svařování bude u trubky o rozměrech 50 milimetrů, tloušťce 12 milimetrů použit přídatný materiál SV04CH19N11M3 Ø 2,0. U trubky o rozměrech 10 milimetrů průměr, tloušťce 1,5 milimetrů použijeme přídatný materiál SV04CH19N11M3 Ø 1,2. Svářeč svaří dva vzorky u průměru 50 milimetrů a u průměru 10 milimetrů svaří 8 vzorků. Všechny vzorky budou svařeny dle WPS. Provedení kvalifikace svářečského personálu proběhne za dozoru svařovacího technologa zhotovitele a zkušební organizace. Hotové vzorky budou podrobeny NTD kontrolám a na základě vyhovujících výsledků bude provedeno osvědčení.

8.2.1 Certifikát svářečského personálu

ČSN EN 1418 - Zkoušky svářečských operátorů pro tavné svařování:

EN 1418 141 T BW 8 S t12 D90 PH ss nb

Vysvětlení			Rozsah kvalifikace
141	Metoda svařování	obloukové svařování v inertním ochranném plynu netavící se elektrodou	141
T	Typ svaru	tupý svar	BW
8	Materiálová skupina ocelí dle TNI CEN ISO/TR 15608	austenitické korozivzdorné oceli	8, 9.2, 9.3, 10
S	S přídatným materiálem	plná tyčinka	kořen: S výplň: M, nm
t12,0	Tloušťka	tloušťka materiálu: 12 mm	od 3 do 24 mm
D90	Vnější průměr trubky zkušebního kusu	vnější průměr trubky: 90 mm	≥ 45 mm
PH	Poloha svařování	tupý svar na trubce, trubka pevná, osa vodorovná	všechny polohy mimo svařování shora dolů
ss nb	Detaily svaru	Jenostranné svařování, bez podložení vícevrstvý	ss, nb, ss, mb, bs

Tab. 7 Kvalifikace svářeče [12]

ČSN EN 287-1 - Zkoušky svářečů - Tavné svařování – Oceli:

ČSN EN 287-1 141 T BW 8 S t12,0 D50,0 H-L045 ss nb

Vysvětlení			Rozsah kvalifikace
141	Metoda svařování	obloukové svařování v inertním ochranném plynu netavící se elektrodou	141
T	Typ svaru	tupý svar	BW
8	Materiálová skupina ocelí dle TNI CEN ISO/TR 15608	austenitické korozivzdorné oceli	8, 9.2, 9.3, 10
S	S přídavným materiálem	plná tyčinka	kořen: S výplň: M, nm
t12,0	Tloušťka	tloušťka materiálu: 12 mm	od 3 do 24 mm
D50	Vnější průměr trubky zkušebního kusu	vnější průměr trubky: 50 mm	≥ 25 mm
H-L045	Poloha svařování	tupý svar na trubce, trubka pevná, osa skloněná (45°)	všechny polohy mimo svařování shora dolů
ss nb	Detaily svaru	jenostranné svařování, bez podložení vícevrstvý	ss, nb, ss, mb, bs

Tab. 8 Kvalifikace svářeče [12]

ČSN EN 287-1 141 T BW 8 S t1,5 D10,0 H-L045 ss nb

Vysvětlení			Rozsah kvalifikace
141	Metoda svařování	obloukové svařování v inertním ochranném plynu netavící se elektrodou	141
T	Typ svaru	tupý svar	BW
8	Materiálová skupina ocelí dle TNI CEN ISO/TR 15608	austenitické korozivzdorné oceli	8, 9.2, 9.3, 10
S	S přídavným materiálem	plná tyčinka	kořen: S výplň: M, nm
t1,5	Tloušťka	tloušťka materiálu: 1,5 mm	od 1,5 do 3 mm
D10	Vnější průměr trubky zkušebního kusu	vnější průměr trubky: 10 mm	od 10 do 20 mm
H-L045	Poloha svařování	tupý svar na trubce, trubka pevná, osa vodorovná	všechny polohy mimo svařování shora dolů
ss nb	Detaily svaru	jenostranné svařování, bez podložení vícevrstvý	ss, nb, ss, mb, bs

Tab. 9 Kvalifikace svářeče [12]

8.3 Zhotovení kontrolních svarových spojů

Svařování KSS probíhá v simulaci podmínek obdobných jako při svařování svarových spojů při údržbě, opravách nebo rekonstrukci JZ s použitím stejných režimů svařování.

Kontrolní svarový spoj musí mít s výrobním spojem stejné tyto podmínky:

- typ svarového spoje,
- jakost ZM, číslo tavby,
- značku, rozměr a tavbu přídavného materiálu,
- jmenovitou tloušťku a vnější průměr.

Pro vyhotovení KSS musí zadávací dokumentace obsahovat [10]:

- program KSS v provozu JE schválený dodavatelem LC a držitelem povolení, při výrobě JZ schválený výrobcem a AO (VZSN),
- PKZ v provozu JE schválený dodavatelem LC a držitelem povolení, při výrobě JZ schválený výrobcem a AO (VZSN),
- doklad o kvalifikaci svářeče,
- WPS (v provozu JE pWPS schválená dodavatelem LC a držitelem povolení v případě, že není dosud platná kvalifikovaná WPS),
- inspekční certifikát ZM,
- inspekční certifikát PM.

Zpracovaná dokumentace se všemi splněními body se předá technické bezpečnosti a technické kontrole pro překontrolování a podepsání.

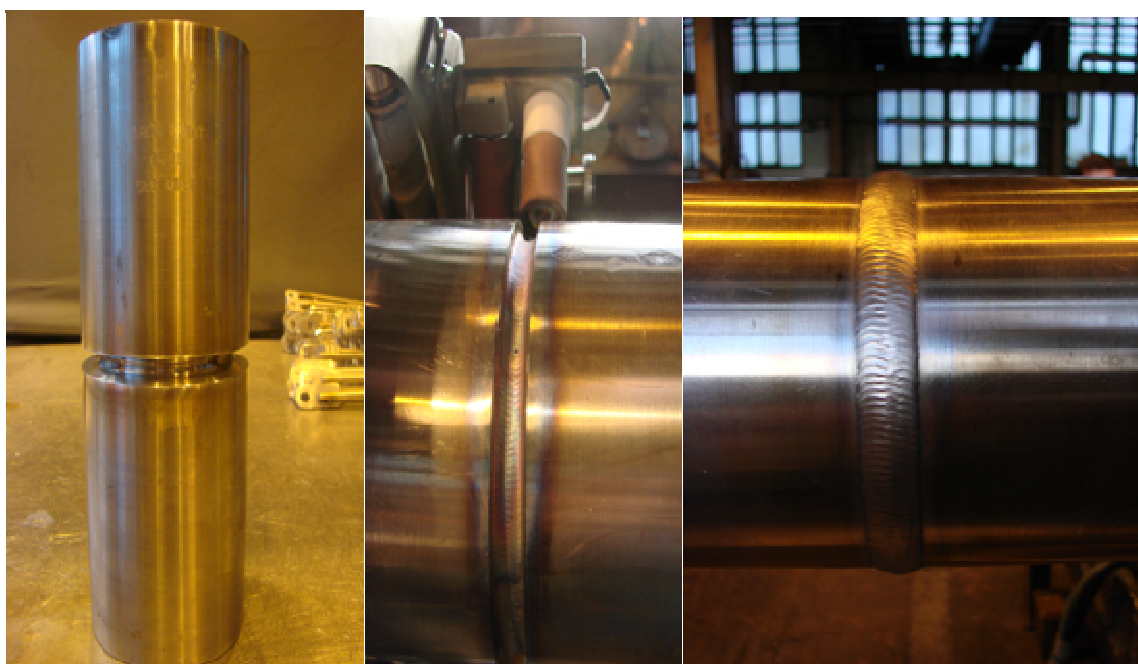
Svařování KSS je realizováno pod dozorem zhotovitele, nezávislé organizace, autorizované osoby a pod dohledem provozovatele elektrárny. Všichni zúčastnění podepisují příslušné body v PKZ jim určené. Tímto probíhá kontrola průběhu celého kontrolního svarového spoje.

8.3.1 KSS výměna topného tělesa automatizovaným svařováním

Kontrolní svarový spoj číslo 1 se bude svařovat v dílenských prostorech v poloze a prostoru stejném, jako je na bloku okolo kompenzátoru objemu. Před zahájením realizace KSS je provedena kontrola dokumentace:

1. program kontrolního svarového spoje č.:1 (tab.10),
2. WPS (obr.17),
3. plán kontrol a zkoušek (str. 45,46),
4. kvalifikace svářecího operátora (tab. 7),
5. inspekční certifikát ZM (dle použitého základního materiálu),
6. inspekční certifikát PM (dle použitého přídavného materiálu).

Svařování bude provedeno na trubce o těchto rozměrech: průměr 114 mm a tloušťka 12 mm. tyto dílce budou upevněny na stojanu ve výšce 1500 mm. Po ustavení trubky do stojanu se zavede foukání ochranného plynu, v tomto případě Argon v čistotě 99,96% pro ochranu kořene svarů. Kontrolní svarový spoj svařují dva svářecí operátoři z důvodu zastupitelnosti. Každý svařovací operátor svaří 3 vzorky. Na každém vzorku provedeme všechny úkony zapsané v plánu kontrol a zkoušek (viz. str. 46). Po provedení těchto úkonů je u vyhovujícího svaru obdržena od nezávislé organizace inspekční zpráva o kontrolním svarovém spoji.



Obr. 16 Průběh svařování kontrolního svarového spoje číslo1

PROGRAM KONTROLNÍHO SVAROVÉHO SPOJE č.:1

	ANO*	NE*
Program KSS sloučit se schvalováním WPS dle normy ČSN EN ISO 15614-1		X
Program KSS sloučit s kvalifikací svářeče pro JZ dle NTD A.S.I sekce 1		X
Vyhláška 309/2005 Sb.	Ano	
Vyhláška 132/2008 Sb. / Bezpečnostní třída BT 1	Ano	
Svařování KSS provádět za účasti zástupce I.O. ČEZ, a. s. č.4026	Ano	
Technický kód* : ČSN-EN-13480 / TPE 10-40/1771/ (A) / PK 1514-72 / NTD A.S.I sekce 1/		
Technický kód* :		

POLOŽKA	TEXT / KRITÉRIUM / POZNÁMKA
DODAVATEL	-----
SOD č. / PNK č. / PP č.	EV.č.smlouvy Objednatele
Svářeč (Jméno/č.razidla)	Svářecí operátor A99, A88
Kořen/výplň svařoval (č.razidla)	
Kvalifikace svářeče	EN 1418 141 T BW 8 S t12 D90 PH ss nb
WPS č.	WPS_O 1
Metoda svařování	141 puls- automatem
Typ spoje	T BW
Základní materiál/tavba	08CH18N10T
Přídavný materiál/tavba	INERTFIL 19123 Nc
Rozměr vzorku (Ø D x t x L) mm	114 x 12
Tvar kontrolního spoje	Tupý svar na Trubce
Poloha spoje - PK / Vzorek č.	A99,A88/PK/1/1-2
Poloha spoje - PC / Vzorek č.	A99,A88/PC/1/1-2
Poloha spoje - HL-045 / Vzorek č.	----
Rozřezový plán KSS č.	----
Datum svaření spoje	2014

Zkoušky NDT:

NDT provede :ČSU OSTRAVA

VT (%)	Ano
Rozměrová kontrola	Ano
PT(%)	Ano
UT(%)	-
RT (%)	Ano

Zkoušky laboratorní:

Laboratorní zkoušky provede:

Statický tah při 350°C	Ano
Statický ohyb	-
Vrubová houževnatost	-
Metalografická	Ano
Tvrdosti	-
MKK	Ano
Delta ferit	-
Požadovaný termín ukončení laboratorních zkoušek:	

Vypracoval dozor svařování	Dodavatel LC Schválil dozor svařování	ČEZ, a. s. Přezkoumal za TKaD JE	ČEZ, a. s. Schválil za TB
-------------------------------	--	-------------------------------------	------------------------------

Tab. 10 program kontrolního svarového spoje č.:1

WPS

PŘEDEŽNÝ SVAŘOVACÍ POSTUP – WPS č.O1
ČSN EN ISO 15614-1

WPQR číslo:1P_11

Výrobce:

Způsob přípravy a čištění :

Svarové plochy opracovány třískovým obráběním a broušením. Přilehlá oblast opracována na čistý kov. Odmastit technickým lihem. Housenky čistit nerezovým kartáčem.

Základní materiál: skupina 8.1 (08CH18N10T)

Metoda svařování: 141 Pulsně automaticky

Tloušťka mat.: 12 mm

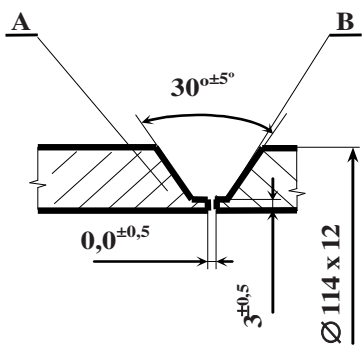
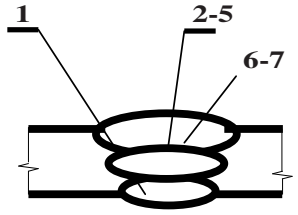
Typ spoje: BW

Vnější průměr: 114 mm

Poloha svařování: PK

Kvalifikace svařeče: odpovídající dle ČSN EN 1418

Podrobnosti o přípravě svarových ploch (nákres):

Tvar spoje	Postup svařování
	

Parametry svařování:

Svarová vrstva	Metoda svařování	Ø Přídavného materiálu (mm)	Napětí (V)	Proudí (A)	Druh proudu/polarita	Posuv drátu [cm/min])
1	141	0,8	7 ÷ 9	70 ÷ 170	ss/-	380/630
2 - 5	141	0,8	7 ÷ 9	70 ÷ 180	ss/-	1650/1900
6 - 7	141	0,8	7- 9	70 - 130	ss/-	600/400

Svařovací materiál, označení: INERTFIL 19123 Nc (DIN EN 1207-W 19123 LSI)

Svařovací materiál, rozměr: Ø 0,6 mm

Předpis sušení: neprovádí se

Ochranný plyn: Argon 4.6, 99,99% (EN ISO 14 175 – II), 12 ÷ 17 l/min

Ochrana kořene: Argon 4.6, 99,99% (EN ISO 14 175 – II), 6 ÷ 9 l/min

Teplota předehřevu: neprovádí se

Interpass teplota: max. 100 °C

Typ a průměr wolframové elektrody: WCe 20 (EN ISO 6848) KR 1,6 ÷ 2,4 mm

Teplné zpracování: neprovádí se

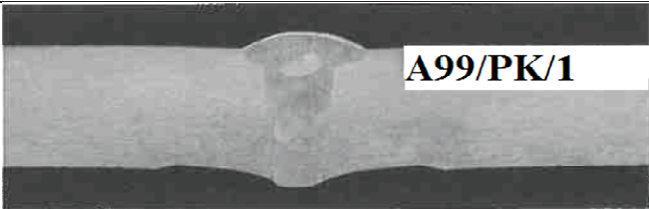
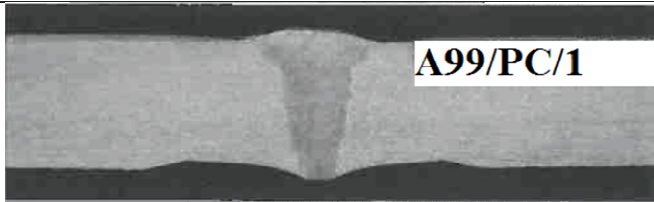
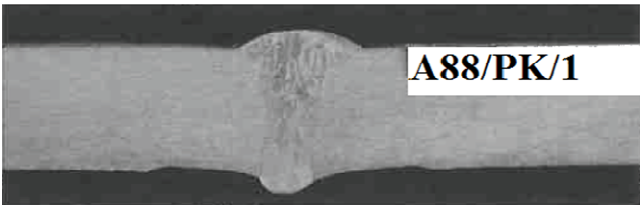
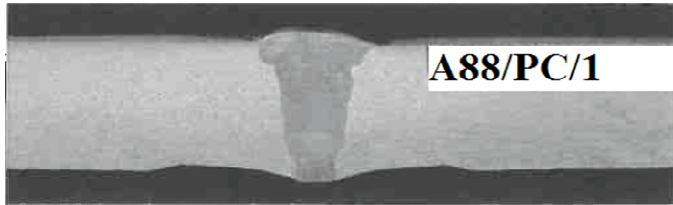
Obr. 17 WPS výměna elektroohříváčů automaticem

Projektové označení:		Plán kontrol a zkoušek					Technická a výkresová dokumentace: PK 1514/72, PK I.A			
Předpokládaný termín realizace:			Smlouva/objednávka/PP:				Uložení originálu:			
VZ dle vyhlášky č. 132/2008 Sb. (BT): 1			VZSN dle vyhlášky č. 309/2005 Sb. (ano/ne): ANO			Jiné vyhlášky: -----			DPS:	

	PKZ zpracoval	Za zhotovitele (dodavatele LC) přezkoumal a schválil	Za ČEZ, a. s., odbor POZ přezkoumal	Za ČEZ, a. s., útvar TKaD JE přezkoumal*/odsouhlasil*	Za ČEZ, a. s., útvar TB odsouhlasil
Jméno					
Datum					
Podpis					

Pořadové č. kontroly / Operace v PPO	(1) Druh, název a způsob kontroly/zkoušky	(2) Rozsah kontrol y	(3) Norma, předpis, kritérium přijatelnosti	(4) Typ zázna mu	(5) Realizátor kontroly	(6) Forma a následné potvrzení účasti odběratelů / nez. dohledu			(10) Vyhodnocení realizátorem	
						(7) Zhotovitel (dod. LC)	(8) Odběratel ČEZ, a. s.	(9) Nezávislý dohled	Výsledek + příp. č. protokolu	datum, jméno, podpis nebo parafa
Kontrola před svařováním										
1.01	Kontrola kompletnosti dokumentace	100%	Program KSS č.1	Z	H - SD	H - LC	H – JK33	H - TB		
1.02	Kontrola základního materiálu	100%	Dle KSS	Z	H - SD	W - SD				
1.03	Kontrola přídavného materiálu	100%	Dle KSS	Z	H - SD	W - SD				
1.04	Kontrola značení	100%	Dle atestů	Z	H - OŘJ	W - SD				
1.05	Kontrola kvalifikace svářečů	100%	ČSN EN 1418 NTD A.S.I sekce I.	Z	H - SD	W - SD				
1.06	Kontrola stavu svářecích zařízení pro svařování	100%	Revizní listy	Z	H - SD	W - SD				
Kontrola v průběhu svařování										
2.01	Kontrola čistoty	100%	PK 1514/72 I.A	Z	H - OŘJ					
2.02	Kontrola sestavení	100%	Dle WPS	Z	H - SD					

Pořadové č. kontroly / Operace v PPO	(1) Druh, název a způsob kontroly/zkoušky	(2) Rozsah kontrol y	(3) Norma, předpis, kritérium přijatelnosti	(4) Typ zázna mu	(5) Realizátor kontroly	(6) Forma a následné potvrzení účasti odběratelů / nez. dohledu			(10) Vyhodnocení realizátorem	
						(7) Zhotovitel (dod. LC)	(8) Odběratel ČEZ, a. s.	(9) Nezávislý dohled	Výsledek + příp. č. protokolu	datum, jméno, podpis nebo parafa
2.03	Dodržování svařovacího postupu	100%	Dle WPS	Z	H - SD	W - SD	W – JK33	W - TB		
Kontrola po svařování										
3.01	Kontrola značení svárů	100%	Značeno na výkrese	Z	H - SD					
3.02	Vizuální kontrola	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.03	Kapilární kontrola	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.04	Kontrola rozměrů	100%	Del výkresu	PR	H - OŘJ					
3.05	Kontrola prozářením	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.06	Metalografická kontrola (kontrola makrostruktury)	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.07	Zkouška odolnosti proti mezikrystalické korozi	100%	Gost 6032AM EN ISO 3651-2	PR	H - OŘJ					
3.08	Příčná zkouška tahem při 350°C	100%	EN ISO 4139 EN ISO 6892-2	PR	H - OŘJ					
Konečné posouzení										
4.01	Vystavení inspekční zprávy (Protokol KSS)	100%	309/2005 sb. ČEZ_SD_0040	Z	AO					

KSS - Nátrubek elektroohříváče (svařování automatem)									Technické podmínky: PK 1514/72 ,ČSN EN ISO 15614-1					
Doplňující údaje o zkoušeném výrobku: Základní materiál: 114x12 mm, 1.4541 Přídavný materiál: INERTFIL 19123 0,8 mm Metoda svařování: 141				Oxidy		Křemičitany			OS,SCH ,SP	Sulfidy	Nitridy		Ferit	Mezikrystalická koroze dle Gost 6032 metoda AM
Zkouška č.	Tavba č.	Tloušťka	Makrostruktura	OS	OT	SCH	SP	SN		S	NT	NS		
A99/PK/1/1	sv.spoj.	12	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
A99/PC/1/1	sv.spoj.	12	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
A88/PK/1/1	sv.spoj.	12	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
A88/PC/1/1	sv.spoj.	12	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
Zkoušky makrostruktury byly provedeny v souladu s ČSN EN ISO 15614-1 a jejich výsledek je vyhovující														
														
														

Tab. 11 Zkoušky makrostruktury KSS č.1

8.3.2 KSS výměna topného tělesa ruční svařování

Kontrolní svarový spoj číslo 2 bude mít stejný průběh jako kontrolní svarový spoj číslo 1. Jediný rozdíl bude v použití svařování, kde místo svařovacího automatu použijeme ruční svařování dle metody 141. Dokumentace pro kontrolní svarový spoj obsahuje:

1. program kontrolního svarového spoje č.:2 (tab.12),
2. WPS (obr.19),
3. plán kontrol a zkoušek (str. 51,52),
4. kvalifikace svářeče (tab. 8),
5. inspekční certifikát ZM (dle použitého základního materiálu),
6. inspekční certifikát PM (dle použitého přídavného materiálu).

Kontrolní svarový spoj číslo 1 a 2 slouží také k ověření všech vlastností svaru. Díky tomu můžeme na svaru provést kontrolu prozářením, zkoušku makrostruktury a mezikrystalickou korozi (destruktivní metody), které nelze provést na opraveném svaru přímo na elektroohříváči.



Obr 18 Svařování kontrolního svarového spoje číslo 2

PROGRAM KONTROLNÍHO SVAROVÉHO SPOJE č.:2

	ANO*	NE*
Program KSS sloučit se schvalováním WPS dle normy ČSN EN ISO 15614-1		X
Program KSS sloučit s kvalifikací svářeče pro JZ dle NTD A.S.I sekce 1		X
Vyhláška 309/2005 Sb.	Ano	
Vyhláška 132/2008 Sb. / Bezpečnostní třída BT 1	Ano	
Svařování KSS provádět za účasti zástupce I.O. ČEZ, a. s. č.4026	Ano	
Technický kód* : ČSN-EN-13480 / TPE 10-40/1771/ (A) / PK 1514-72 / NTD A.S.I sekce 1/		
Technický kód* :		

POLOŽKA	TEXT / KRITÉRIUM / POZNÁMKA
DODAVATEL	-----
SOD č. / PNK č. / PP č.	EV.č.smlouvy Objednatele
Svářeč (Jméno/č.razidla)	A99, A88
Kořen/výplň svařoval (č.razidla)	
Kvalifikace svářeče	ČSN EN 287-1 141 T BW 8 S t12,0 D50,0 H-L045 ss nb
WPS č.	WPS_O 2
Metoda svařování	141
Typ spoje	T BW
Základní materiál/tavba	08CH18N10T
Přídavný materiál/tavba	SV04CH19N11M3
Rozměr vzorku (Ø D x t x L) mm	114 x 12
Tvar kontrolního spoje	Tupý svar na Trubce
Poloha spoje - PH / Vzorek č.	A99,A88/PH/2/1-2
Poloha spoje - PC / Vzorek č.	A99,A88/PC/2/1-2
Poloha spoje - HL-045 / Vzorek č.	----
Rozřezový plán KSS č.	----
Datum svaření spoje	2014
Zkoušky NDT:	
NDT provede :ČSU OSTRAVA	
VT (%)	Ano
Rozměrová kontrola	Ano
PT(%)	Ano
UT(%)	-
RT (%)	Ano
Zkoušky laboratorní:	
Laboratorní zkoušky provede:	
Statický tah při 350°C	Ano
Metalografická	Ano
MKK	Ano
Požadovaný termín ukončení laboratorních zkoušek:	

* Požadované označit X, doplnit nebo vypustit (přeškrtnout) text

Dodavatel	Dodavatel LC	ČEZ, a. s.	ČEZ, a. s.
Schválil dozor svařování	Schválil dozor svařování	Přezkoumal za TKaD JE	Schválil za TB

Tab. 12 program kontrolního svarového spoje č.:2

WPS

PŘEDEŽNÝ SVAŘOVACÍ POSTUP – WPS č.O2
ČSN EN ISO 15614-1

WPQR číslo: 1P_12

Výrobce:

Způsob přípravy a čištění :

Svarové plochy opracovány třískovým obráběním a broušením. Přilehlá oblast opracována na čistý kov. Odmastit technickým lihem. Housenky čistit nerezovým kartáčem.

Základní materiál: skupina 8.1 (08CH18N10T)

Metoda svařování: 141 ručně

Tloušťka mat.: 12 mm

Typ spoje: BW

Vnější průměr: 114 mm

Poloha svařování: PH.PC

Kvalifikace svařeče: odpovídající dle ČSN EN 287-1

Podrobnosti o přípravě svarových ploch (nákres):

Tvar spoje	Postup svařování

Parametry svařování:

Svarová vrstva	Metoda svařování	Ø Přídavného materiálu (mm)	Napětí (V)	Proudí (A)	Druh proudu/polarita	Posuv drátu [cm/min]
1	141	2	11 ÷ 139	90 ÷ 120	ss/-	-
2 – n	141	2	12 ÷ 14	90 ÷ 120	ss/-	-

Svařovací materiál, označení: SV04CH19N11M3 (GOST 2246-70)

Svařovací materiál, rozměr: Ø 2,0 mm

Předpis sušení: neprovádí se

Ochranný plyn: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 12 ÷ 17 l/min

Ochrana kořene: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 6 ÷ 9 l/min

Teplota předehřevu: neprovádí se

Interpass teplota: max. 100 °C

Typ a průměr wolframové elektrody: WCe 20 (EN ISO 6848) KR 1,6 ÷ 2,4 mm

Teplné zpracování: neprovádí se

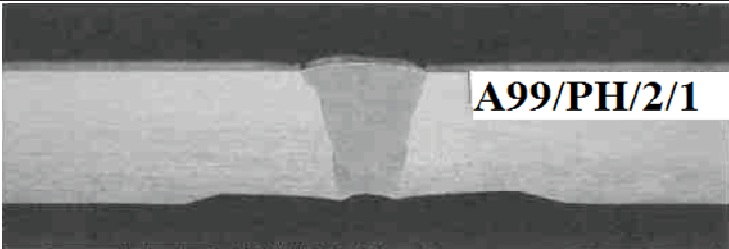
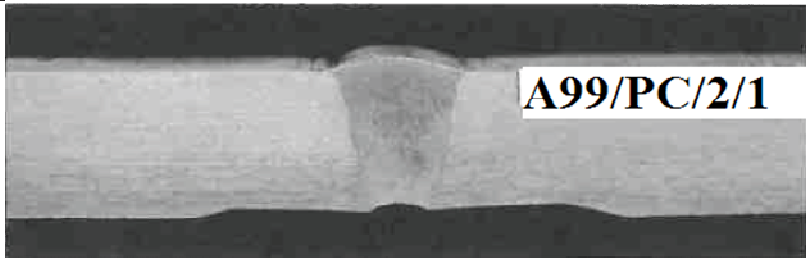
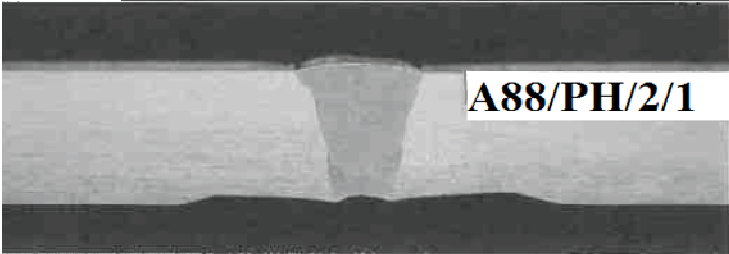
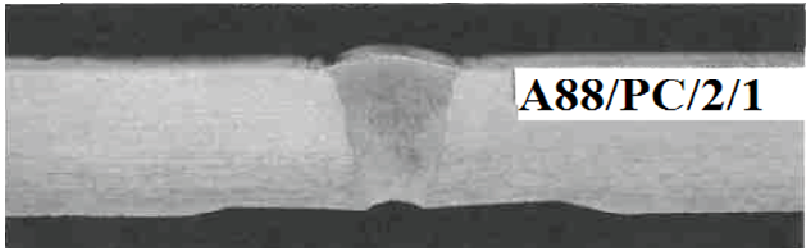
Obr. 19 WPS výměna elektroohříváčů ruční svařování

Projektové označení:		Plán kontrol a zkoušek					Technická a výkresová dokumentace: PK 1514/72, PK I.A			
Předpokládaný termín realizace:			Smlouva/objednávka/PP:				Uložení originálu:			
VZ dle vyhlášky č. 132/2008 Sb. (BT): 1			VZSN dle vyhlášky č. 309/2005 Sb. (ano/ne): ANO			Jiné vyhlášky: -----			DPS:	

	PKZ zpracoval	Za zhotovitele (dodavatele LC) přezkoumal a schválil	Za ČEZ, a. s., odbor POZ přezkoumal	Za ČEZ, a. s., útvar TKaD JE přezkoumal*/odsouhlasil*	Za ČEZ, a. s., útvar TB odsouhlasil
Jméno					
Datum					
Podpis					

Pořadové č. kontrol Operace v PPO	(1) Druh, název a způsob kontroly/zkoušky	(2) Rozsah kontrol y	(3) Norma, předpis, kritérium přijatelnosti	(4) Typ záznamu	(5) Realizátor kontroly	(6) Forma a následné potvrzení účasti odběratelů / nez. dohledu			(10) Vyhodnocení realizátorem	
						(7) Zhotovitel (dod. LC)	(8) Odběratel ČEZ, a. s.	(9) Nezávislý dohled	Výsledek + příp. č. protokolu	datum, jméno, podpis nebo parafa
Kontrola před svařováním										
1.01	Kontrola kompletnosti dokumentace	100%	Program KSS č.1	Z	H - SD	H - LC	H – JK33	H - TB		
1.02	Kontrola základního materiálu	100%	Dle KSS	Z	H - SD	W - SD				
1.03	Kontrola přídatného materiálu	100%	Dle KSS	Z	H - SD	W - SD				
1.04	Kontrola značení	100%	Dle atestů	Z	H - OŘJ	W - SD				
1.05	Kontrola kvalifikace svářečů	100%	ČSN EN 1418 NTD A.S.I sekce I.	Z	H - SD	W - SD				
1.06	Kontrola stavu svářecích zařízení pro svařování	100%	Revizní listy	Z	H - SD	W - SD				
Kontrola v průběhu svařování										
2.01	Kontrola čistoty	100%	PK 1514/72 I.A	Z	H - OŘJ					
2.02	Kontrola sestavení	100%	Dle WPS	Z	H - SD					
2.03	Dodržování svařovacího postupu	100%	Dle WPS	Z	H - SD	W - SD	W – JK33	W - TB		

Pořadové č. kontroly / Operace v PPO	(1) Druh, název a způsob kontroly/zkoušky	(2) Rozsah kontrol y	(3) Norma, předpis, kritérium přijatelnosti	(4) Typ záznama	(5) Realizátor kontroly	(6) Forma a následné potvrzení účasti odběratelů / nez. dohledu			(10) Vyhodnocení realizátorem	
						(7) Zhotovitel (dod. LC)	(8) Odběratel ČEZ, a. s.	(9) Nezávislý dohled	Výsledek + příp. č. protokolu	datum, jméno, podpis nebo parafa
2.03	Dodržování svařovacího postupu	100%	Dle WPS	Z	H - SD	W - SD	W – JK33	W - TB		
Kontrola po svařování										
3.01	Kontrola značení svárů	100%	Značeno na výkrese	Z	H - SD					
3.02	Vizuální kontrola	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.03	Kapilární kontrola	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.04	Kontrola rozměrů	100%	Del výkresu	PR	H - OŘJ					
3.05	Kontrola prozářením	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.06	Metalografická kontrola (kontrola makrostruktury)	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.07	Zkouška odolnosti proti mezikrystalické korozi	100%	Gost 6032AM EN ISO 3651-2	PR	H - OŘJ					
3.08	Příčná zkouška tahem při 350°C	100%	EN ISO 4139 EN ISO 6892-2	PR	H - OŘJ					
Konečné posouzení										
4.01	Vystavení inspekční zprávy (Protokol KSS)	100%	309/2005 sb. ČEZ_SD_0040	Z	AO					

KSS - Nátrubek elektroohřívače (svařování ručně)									Technické podmínky: PK 1514/72 ,ČSN EN ISO 15614-1					
Doplňující údaje o zkoušeném výrobku: Základní materiál: 114x12 mm, 1.4541 Přídavný materiál: SV04CH19N11M3 2,0 mm Metoda svařování: 141				Oxidy		Křemičitany			OS,SCH ,SP	Sulfidy	Nitridy		Ferit	Mezikrystalická koroze dle Gost 6032 metoda AM
Zkouška č.	Tavba č.	Tloušťka	Makrostruktura	OS	OT	SCH	SP	SN		s	NT	NS		
A99/PH/2/1	sv.spoj.	12	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
A99/PC/2/1	sv.spoj.	12	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
A88/PH/2/1	sv.spoj.	12	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
A88/PC/2/1	sv.spoj.	12	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
Zkoušky makrostruktury byly provedeny v souladu s ČSN EN ISO 15614-1 a jejich výsledek je vyhovující														
   														

Tab. 13 Zkoušky makrostruktury KSS č.2

8.3.3 KSS lokální zaslepení defektního topného tělesa

Dokumentace pro kontrolní svarový spoje obsahuje:

1. program kontrolního svarového spoje č.:3 (tab.14),
2. WPS (obr.21),
3. plán kontrol a zkoušek (str. 57,58),
4. kvalifikace svářeče (Tab. 9),
5. inspekční certifikát ZM (dle požitého základního materiálu),
6. inspekční certifikát PM. (dle požitého přídatného materiálu).

Kontrolní svarový spoj číslo 3 je zavařen v poloze 500 mm nad zemní z důvodů simulace svařování nejhorší možné polohy na bloku jaderné elektrárny. V této výšce se nachází nejnižší elektroohřívač. Tento typ opravy se může použít při jakémkoliv režimu odstavení jaderného bloku, protože není potřeba zdrenážování kompenzátoru objemu. Kontrolní svarový spoj číslo 3 svaříme na elektroohřívači, který máme na skladě jako náhradní. Nejprve odstraníme elektrické kontakty na koncích trubek a provrtám trubku na průměr zátky. Do vyvrtané trubky vložíme zátku dle WPS (obr.21) a svaříme.



Obr 20 Svařování kontrolního svarového spoje číslo 3

PROGRAM KONTROLNÍHO SVAROVÉHO SPOJE č.:3

	ANO*	NE*
Program KSS sloučit se schvalováním WPS dle normy ČSN EN ISO 15614-1		X
Program KSS sloučit s kvalifikací svářeče pro JZ dle NTD A.S.I sekce 1		X
Vyhláška 309/2005 Sb.	Ano	
Vyhláška 132/2008 Sb. / Bezpečnostní třída BT 1	Ano	
Svařování KSS provádět za účasti zástupce I.O. ČEZ, a. s. č.4026	Ano	
Technický kód* : ČSN-EN-13480 / TPE 10-40/1771/ (A) / PK 1514-72 / NTD A.S.I sekce 1/		
Technický kód* :		

POLOŽKA	TEXT / KRITÉRIUM / POZNÁMKA
DODAVATEL	-----
SOD č. / PNK č. / PP č.	EV.č.smlouvy Objednatele
Svářeč (Jméno/č.razidla)	A99, A88
Kořen/výplň svařoval (č.razidla)	
Kvalifikace svářeče	ČSN EN 287-1 141 T BW 8 S t1,0 D10,0 H-L045 ss nb
WPS č.	WPS_O 3
Metoda svařování	141
Typ spoje	FW
Základní materiál/tavba	08CH18N10T
Přídavný materiál/tavba	SV04CH19N11M3 0,8 1,2 mm
Rozměr vzorku (Ø D x t x L) mm	10-13 x 1,5- 2
Tvar kontrolního spoje	Koutový
Poloha spoje - PB / Vzorek č.	A99,A88/PB/3/1-2
Poloha spoje - HL-045 / Vzorek č.	----
Rozřezový plán KSS č.	----
Datum svaření spoje	2014

Zkoušky NDT:

NDT provede :ČSU OSTRAVA

VT (%)	Ano
Rozměrová kontrola	Ano
PT(%)	Ano
UT(%)	-
RT (%)	-

Zkoušky laboratorní:

Laboratorní zkoušky provede:

Statický tah při 350°C	NE
Metalografická	Ano
MKK	Ano
Požadovaný termín ukončení laboratorních zkoušek:	

* Požadované označit X, doplnit nebo vypustit (přeškrtnout) text

Dodavatel	Dodavatel LC	ČEZ, a. s.	ČEZ, a. s.
Schválil dozor svařování	Schválil dozor svařování	Přezkoumal za TKaD JE	Schválil za TB

Tab. 14 program kontrolního svarového spoje č.:2

WPS

PŘEDEŽNÝ SVAŘOVACÍ POSTUP – WPS č.O3
ČSN EN ISO 15614-1

WPQR číslo: 1P_13

Výrobce:

Způsob přípravy a čištění :

Svarové plochy opracovány třískovým obráběním a broušením. Přilehlá oblast opracována na čistý kov. Odmastit technickým lihem. Housenky čistit nerezovým kartáčem.

Základní materiál: skupina 8.1 (08CH18N10T)

Metoda svařování: 141 ručně

Tloušťka mat.: 1,5-2,5 mm

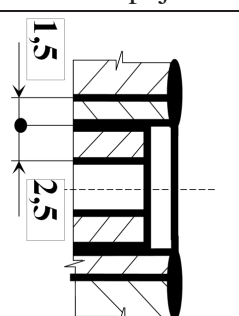
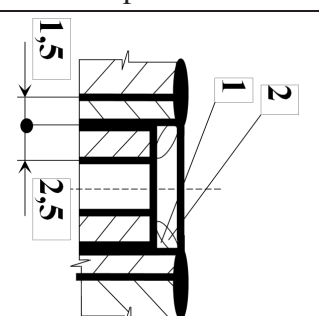
Typ spoje: FW

Vnější průměr: průměr zátky 10-13 mm

Poloha svařování: PB, PH

Kvalifikace svařeče: odpovídající dle ČSN EN 287-1

Podrobnosti o přípravě svarových ploch (nákres):

Tvar spoje	Postup svařování
	

Parametry svařování:

Svarová vrstva	Metoda svařování	Ø Přídavného materiálu (mm)	Napětí (V)	Proudí (A)	Druh proudu/polarita	Posuv drátu [cm/min]
1	141	-	11 ÷ 13	60 ÷ 80	ss/-	-
2	141	2	12 ÷ 14	60 ÷ 80	ss/-	-

Svařovací materiál, označení: SV04CH19N11M3 (GOST 2246-70)

Svařovací materiál, rozměr: Ø 1,2 mm

Předpis sušení: neprovádí se

Ochranný plyn: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 12 ÷ 17 l/min

Ochrana kořene: Argon 4.6, 99,96% (EN ISO 14 175 – II), 6 ÷ 9 l/min

Teplota předehřevu: neprovádí se

Interpass teplota: max. 100 °C

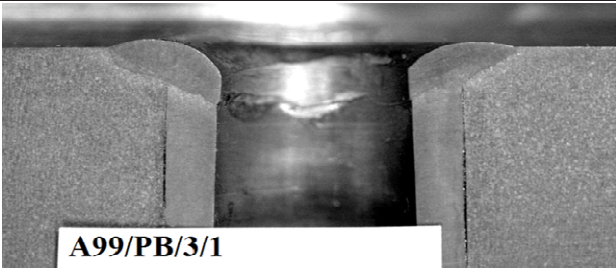
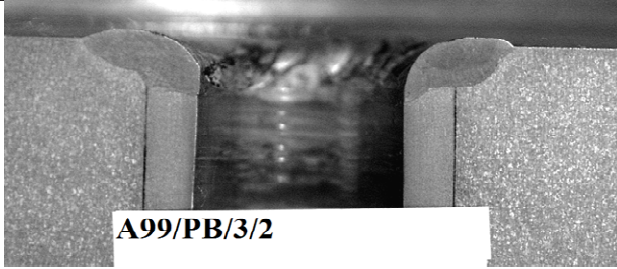

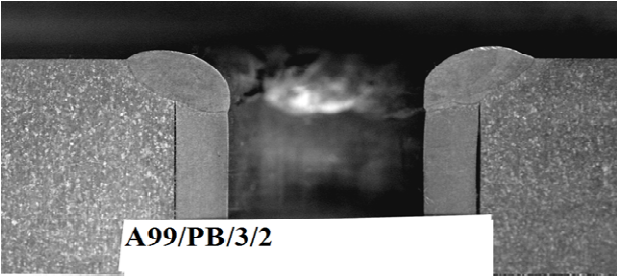
Typ a průměr wolframové elektrody: WCe 20 (EN ISO 6848) KR 1,6 ÷ 2,4 mm

Tepelné zpracování: neprovádí se

Obr. 21 WPS Lokální zaslepení elektrohrůvače

Projektové označení:		Plán kontrol a zkoušek					Technická a výkresová dokumentace: PK 1514/72, PK I.A				
Předpokládaný termín realizace:			Smlouva/objednávka/PP:					Uložení originálu:			
VZ dle vyhlášky č. 132/2008 Sb. (BT): 1			VZSN dle vyhlášky č. 309/2005 Sb. (ano/ne): ANO			Jiné vyhlášky: -----			DPS:		
	PKZ zpracoval	Za zhotovitele (dodavatele LC) přezkoumal a schválil		Za ČEZ, a. s., odbor POZ přezkoumal		Za ČEZ, a. s., útvar TKaD JE přezkoumal*/odsouhlasil*			Za ČEZ, a. s., útvar TB odsouhlasil		
Jméno	Bc. Ondřej Vašíček										
Datum											
Podpis											
Pořadové č. kontrol Operace v PPO	(1) Druh, název a způsob kontroly/zkoušky	(2) Rozsah kontrol y	(3) Norma, předpis, kritérium přijatelnosti	(4) Typ záznamu	(5) Realizátor kontroly	(6) Forma a následné potvrzení účasti odběratelů / nez. dohledu			(10) Vyhodnocení realizátorem		
						(7) Zhotovitel (dod. LC)	(8) Odběratel ČEZ, a. s.	(9) Nezávislý dohled	Výsledek + příp. č. protokolu	datum, jméno, podpis nebo parafa	
Kontrola před svařováním											
1.01	Kontrola kompletnosti dokumentace	100%	Program KSS č.1	Z	H - SD	H - LC	H – JK33	H - TB			
1.02	Kontrola základního materiálu	100%	Dle KSS	Z	H - SD	W - SD					
1.03	Kontrola přídatného materiálu	100%	Dle KSS	Z	H - SD	W - SD					
1.04	Kontrola značení	100%	Dle atestů	Z	H - OŘJ	W - SD					
1.05	Kontrola kvalifikace svářečů	100%	NTD A.S.I sekce I.	Z	H - SD	W - SD					
1.06	Kontrola stavu svářecích zařízení pro svařování	100%	Revizní listy	Z	H - SD	W - SD					
Kontrola v průběhu svařování											
2.01	Kontrola čistoty	100%	PK 1514/72 I.A	Z	H - OŘJ						
2.02	Kontrola sestavení	100%	Dle WPS	Z	H - SD						
2.03	Dodržování svařovacího postupu	100%	Dle WPS	Z	H - SD	W - SD	W – JK33	W - TB			

Pořadové č. kontroly / Operace v PPO	(1) Druh, název a způsob kontroly/zkoušky	(2) Rozsah kontrol y	(3) Norma, předpis, kritérium přijatelnosti	(4) Typ zázna mu	(5) Realizátor kontroly	(6) Forma a následné potvrzení účasti odběratelů / nez. dohledu			(10) Vyhodnocení realizátorem	
						(7) Zhotovitel (dod. LC)	(8) Odběratel ČEZ, a. s.	(9) Nezávislý dohled	Výsledek + příp. č. protokolu	datum, jméno, podpis nebo parafa
2.03	Dodržování svařovacího postupu	100%	Dle WPS	Z	H - SD	W - SD	W – JK33	W - TB		
Kontrola po svařování										
3.01	Kontrola značení svárů	100%	Značeno na výkrese	Z	H - SD					
3.02	Vizuální kontrola	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.03	Kapilární kontrola	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.04	Kontrola rozměrů	100%	Del výkresu	PR	H - OŘJ					
3.05	Metalografická kontrola (kontrola makrostruktury)	100%	PK 1514/72, PK I.A	PR	H - OŘJ					
3.06	Zkouška odolnosti proti mezikrystalické korozi	100%	Gost 6032AM EN ISO 3651-2	PR	H - OŘJ					
Konečné posouzení										
4.01	Vystavení inspekční zprávy (Protokol KSS)	100%	309/2005 sb. ČEZ_SD_0040	Z	AO					

KSS - Lokální zalsepení defektního topného tělesa									Technické podmínky: PK 1514/72 ,ČSN EN ISO 15614-1					
Doplňující údaje o zkoušeném výrobku: Základní materiál: 10x1,5 mm, 1.4541 Přídavný materiál: SV04CH19N11M3 1,2 mm Metoda svařování: 141				Oxidy		Křemičitany			OS,SCH ,SP	Sulfidy	Nitridy		Ferit	Mezikrystalická koroze dle Gost 6032 metoda AM
Zkouška č.	Tavba č.	Tloušťka	Makrostruktura	OS	OT	SCH	SP	SN		s	NT	NS		
A99/PB/3/1	sv.spoj.	1,5	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
A99/PB/3/2	sv.spoj.	1,5	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
A88/PB/3/1	sv.spoj.	1,5	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
A88/PB/3/2	sv.spoj.	1,5	vyhovující obr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vyhovující
Zkoušky makrostruktury byly provedeny v souladu s ČSN EN ISO 15614-1 a jejich výsledek je vyhovující														
   														

Tab. 15 Zkoušky makrostruktury KSS č.3

9. NÁVRH ŘEŠENÍ OPRAVY

Technologický postup opravy je zpracován dle platného nařízení a metodiky pro jaderné elektrárny. Vyhodnocování kontrol svarových spojů bude dle normy PK 1514/72. Kompenzátor objemu podle výrobní dokumentace spadá do 1. kategorie svarových spojů. Dle normy PK 1514/72 jsou svarové spoje kategorie 1 ve styku s prostředím škodlivým pro obsluhující personál a nepřípustné pro opravu a montáž za provozu. V této kategorii svarového spoje musím na svaru provést 100% vizuální, kapilární a rentgenové zkoušky. Jelikož 100% rentgenová zkouška je technicky neproveditelná, musí být dle normy PK 1514/72 nahrazena vizuální kontrolou po nanesení každé vrstvy. [17]

Po splnění všech legislativních požadavků a odsouhlasení provozovatele elektrárny můžeme přistoupit k realizaci. Po odstavení bloku jaderné elektrárny a zajištění kompenzátoru objemu (zdrenážované zařízení) začneme s přípravou pracoviště u kompenzátoru objemu a přípravou radiačního příkazu a požárního povolení. Zřízené pracoviště odpovídá platným nařízením pro jaderné elektrárny.

9.1 Výměna elektroohřívače

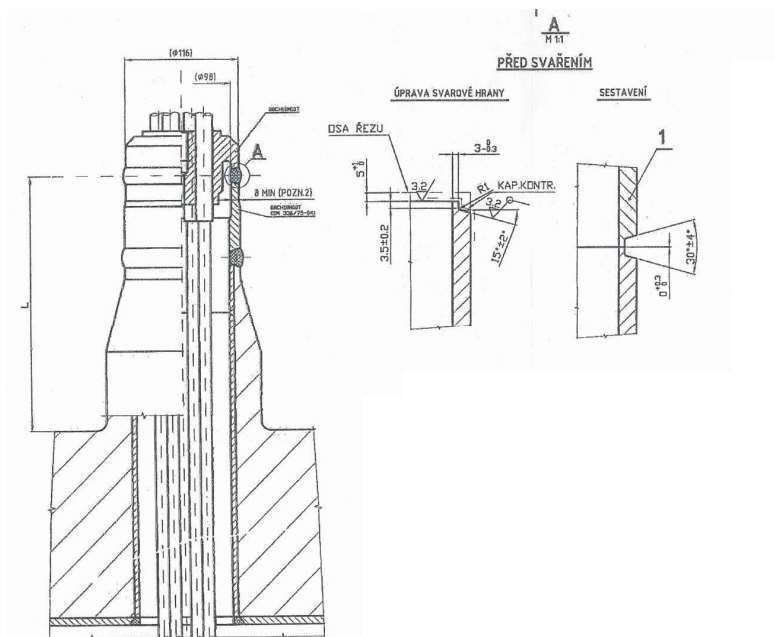
Při výměně elektroohřívače musí být nejprve splněny určité úkony, které jsou stejné jak pro ruční tak automatické svařování.

1. Začneme odřezáním elektroohřívače v místě původního svaru elektroohřívače.
2. Po odřezání vytáhneme špatný elektroohřívač a vyčistíme okolí elektroohřívače, abychom zamezili kontaminaci okolí.
3. Celý nátrubek očistíme a zdekontaminujeme od všech vzniklých nečistot při odřezávání.



Obr. 22 Nátrubek po vyříznutí elektroohříváče

4. Dle výkresu (obr.23) začneme upravovat nátrubek. Opracováním musíme odstranit původní svarový kov a tepelně ovlivněnou oblast z důvodu ztráty vlastností materiálu. Vizuální kontrolou zkontrolujeme, zda byl odstraněn všechen původní svar a tepelně ovlivněná oblast.



Obr. 23 Výkres opracování nátrubku

5. Na opracovaném nátrubku provedeme vizuální a kapilární kontrolu svarové hrany proti lineárním indikacím.



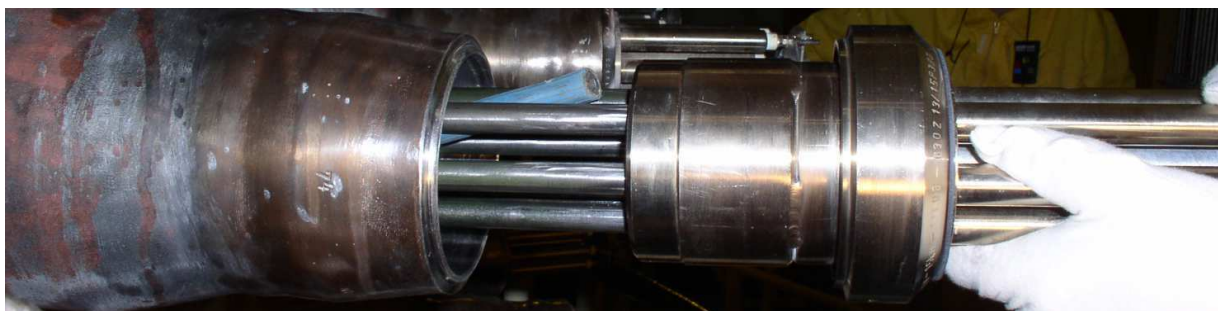
Obr. 24 Opracovaný nátrubek

6. Svarové hrany očistíme a připravíme na svařování, z vnitřní strany kompenzátoru objemu zavedeme hadici pro zafoukávání svarového spoje ochranným plynem.



Obr. 25 Opracovaný nátrubek po kapilární kontrole s hadicí pro foukání ochranného plynu

7. Elektroohřívač zasuneme a ustavíme.



Obr. 26 Zasunutí a ustavení elektroohřívače s vývodem ochranného plynu

8. Na ustaveném elektroohřívači provedeme tři krátké stehy. Stehování se provede ručním svařováním metodou 141 bez přídavného materiálu.



Obr. 27 Stehy na elektroroohřívači

Tato část postupu opravy je pro ruční a automatické svařování stejná, rozdíly v postupu mezi ručním a automatickým svařováním jsou popsány v následujících kapitolách.

9.1.1 Výměna elektroohříváče automatickým svařováním

1. Na svarovou hranu instalujeme svařovací orbitální kleště ORBIWELD TP 600 a zprovozníme celý svařovací automat, následně ověříme revizi svařovacího automatu.
2. Z důvodu neproveditelnosti rentgenové zkoušky budeme provádět po každé vrstvě svaru vizuální kontrolu.
3. Pustíme ochranný plyn do nátrubku pro ochranu kořene.
4. Zahájíme svařování kořene dle WPS (obr. 17).



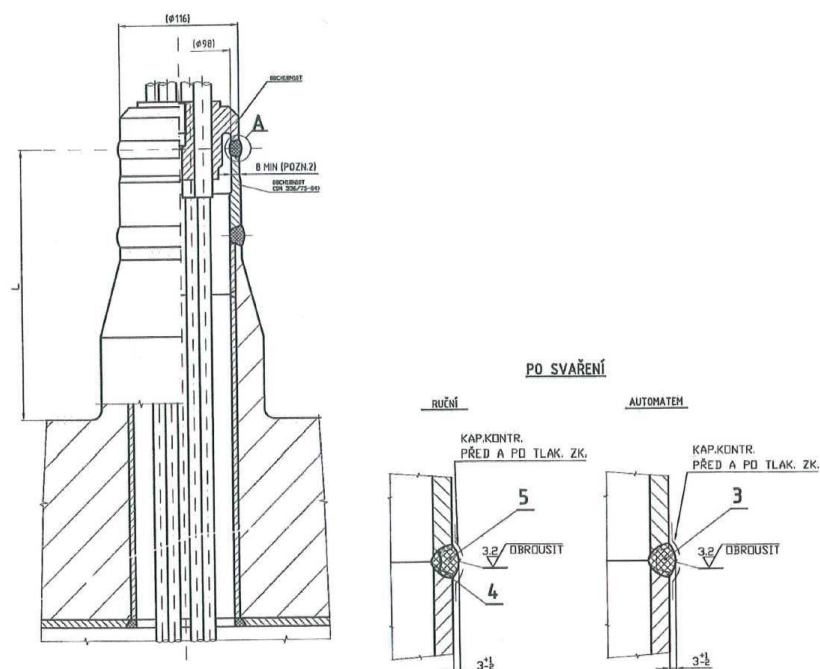
Obr. 28 Kořen svaru

5. Zahájíme svařování výplně dle WPS (obr. 17).
6. Zahájíme svařování krycí vrstvy dle WPS (obr. 17).



Obr. 29 Konečný stav svaru

7. Po skončení krycí vrstvy demontujeme svařovací orbitální kleště ORBIWELD TP 600.
8. Celý svar očistíme, obrousíme na Ra 3,2.



Obr. 30 Výkres konečného stavu

9. Provedeme vizuální a kapilární kontrolu po celém obvodu svaru.

9.1.2 Výměna elektroohříváče ručním svařováním

Postup svařování u ruční výměny je velmi podobný automatickému svařování. Svářeč postupuje stejně jako automat, avšak s jiným přídavným materiálem. U tohoto typu svařování se musí provádět po každé vrstvě svaru vizuální kontrola.

1. Pustíme ochranný plyn do nátrubku pro ochranu kořene.
2. Zahájíme svařování kořene dle WPS (obr. 19).
3. Zahájíme svařování výplně dle WPS (obr. 19).
4. Zahájíme svařování krycí vrstvy dle WPS (obr. 19).
5. Celý svar očistíme, obrousíme na Ra 3,2.
6. Provedeme vizuální a kapilární kontrolu po celém obvodu svaru.

9.2 Lokální zaslepení defektního topného tělesa

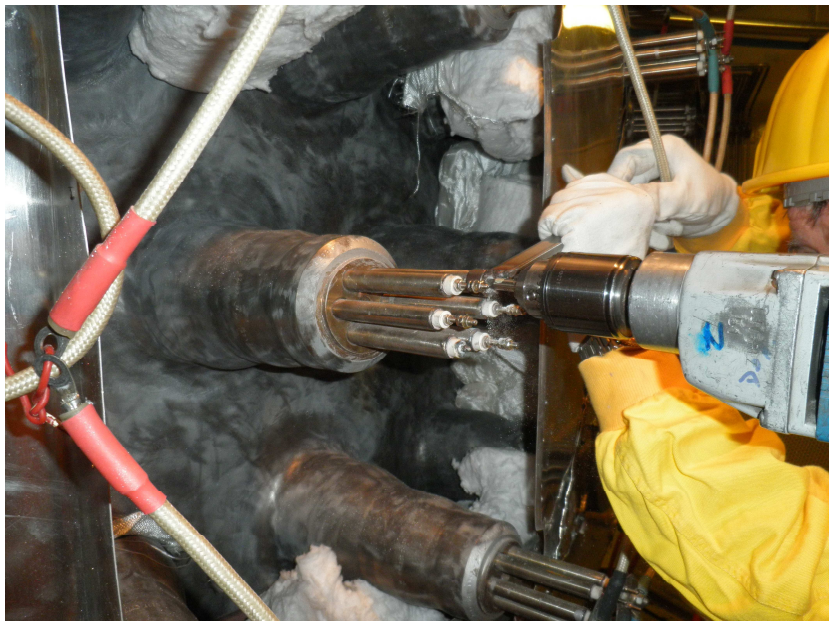
Lokální zaslepení defektního topného tělesa se provádí v odstávce, kdy se nedrenážuje hlavní cirkulační potrubí včetně kompenzátoru objemu. V případě, že se najde poškozené nebo protržené topné těleso, zaslepíme ho a naplánujeme opravu výměny celého elektroohříváče na nejbližší odstávku bloku s režimem zdrenážovaného kompenzátoru objemu. Oprava se provádí jenom v nejnutnějších případech, aby se zabránilo uniku primární vody.

1. Odstraníme keramické koncovky z vadné topné spirály.



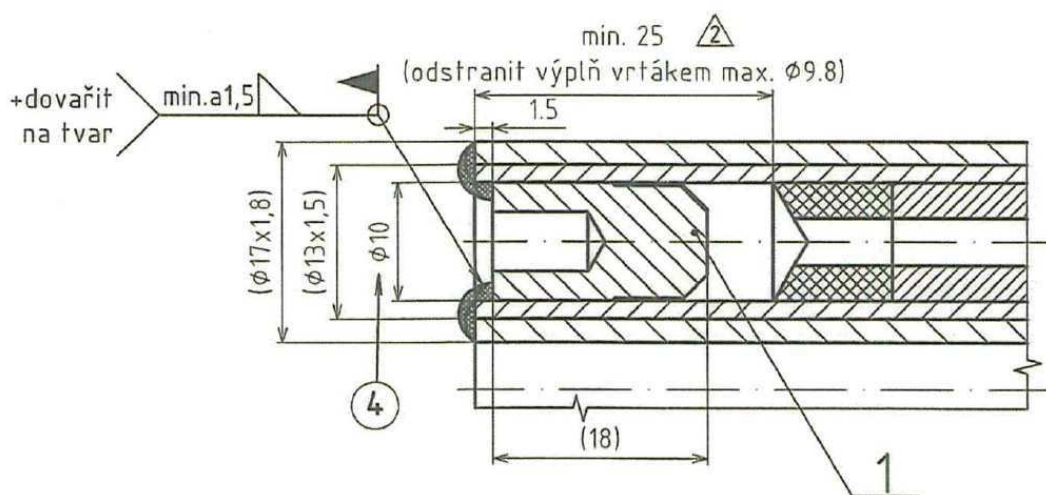
Obr. 31 Odstranění koncovky

2. Odvrtáme a očistíme trubku minimálně do hloubky 25 mm.



Obr. 32 Odvrtání trubky

3. Zaslepovanou trubku obrobíme dle obr. 33 pro vsazení zátky a očistíme.



Obr. 33 Výkres sestavení

4. Vsadíme zátku do opracované trubky a ustavíme ji dle obr.33.



Obr. 34 Vsazená zátku do trubky topného tělesa

5. Zahájíme svařování dle WPS (obr. 21).



Obr. 35 Konečný stav opravy

6. Svar očistíme a provedeme vizuální a kapilární kontrolu.

10. TECHNOLOGICKÝ POSTUP OPRAVY

10.1 Výměna elektroohříváče

Technologický postup opravy VÝMĚNA ELEKTROOHRŘÍVAČE KO VVER 440
<p><u>1.Rozsah platnosti</u></p> <p>Tento směrný technologický postup platí pro výměnu elektroohříváče KO VVER 440 dle výkresu (obr. č. 36) metodou obloukového svařování s netavicí se wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu (metoda 141) automatem (kap. 4.2) nebo rukou (kap. 4.3).</p> <p><u>2.Bezpečnostní a související předpisy</u></p> <p>2.1 Zákon č. 18/1997 Sb. - mírové využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon v platném znění)</p> <p>2.2 Vyhláška č.48/1982 Sb. ČÚBP v platném znění - základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technického zařízení</p> <p>2.3 Vyhláška č.307/2002 Sb. SÚJB - o radiační ochraně</p> <p>2.4 Vyhláška č.309/2005 Sb.SÚJB - o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení</p> <p>2.5 Vyhláška č.132/2008 Sb. SÚJB – o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd</p> <p>2.6 Třídění a likvidaci použitých materiálů a vyřazených součástí provádět ve smyslu vydaných předpisů</p> <p>2.7 ČSN 050600 - bezpečnostní předpisy pro svařování elektrickým obloukem</p> <p>2.8 <u>Kvalifikace defektoskopických pracovníků:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- osvědčení o způsobilosti ve smyslu vyhlášky č.309/2005 Sb. SÚJB,- certifikace dle standartu Std-101/E/95 (EN 473) nebo Std-301/E/95 a pro metodu VTP dle Std-201/E/95.

Technologický postup opravy
VÝMĚNA ELEKTROOHRÍVAČE KO VVER 440

2.9 Kvalifikace pracovníků, řídících práce:

osvědčení o způsobilosti ve smyslu vyhlášky č.309/2005 Sb.SÚJB

2.10 Kvalifikace svářeče

automatové svařování

- certifikát o zkoušce svářeče podle ČSN EN 1418

- osvědčení o atestační zkoušce pro jaderná zařízení ČEZ,a.s.

ruční svařování

- certifikát o zkoušce svářeče podle ČSN EN 287-1

- osvědčení o atestační zkoušce pro jaderná zařízení ČEZ, a.s.

2.11 Kvalifikace svářečského dozoru

- certifikát EWE resp. EWT vystavený podle ČSN EN ISO 14731

- osvědčení o způsobilosti ve smyslu vyhlášky č.309/2005 Sb. SÚJB

2.12 OP 1513/72 – Základní předpisy pro svařování a navařování uzlů a konstrukcí jaderných elektráren, experimentálních a výzkumných jaderných reaktorů a souborů

2.13 PK 1514/72 – Předpisy pro kontrolu svarových spojů a návarů uzlů a konstrukcí jaderných elektráren, experimentálních a výzkumných jaderných reaktorů a souborů

2.14 IPZJ pro KO VVER 440

2.15 PKJ VPE 804013/09

2.16 ČEZ_ME_0617 v platné revizi - Pravidla práce na otevřeném technologickém zařízení v EDU

2.17 Program zajištění radiační ochrany

2.18 Specifikace postupu svařování WPS č.01,02(obr.č. 18,19)

3.Výchozí stav

3.1 Kompenzátor objemu je dochlazen na teplotu kovu nižší než 40°C, je bez tlaku a zdrenážován, průlez KO je roztěsněn.

3.2 Je změřena radiační situace v KO a jsou vytvořeny podmínky bezpečné práce v prostředí ionizujícího záření. Je připraven Program zajištění radiační ochrany.

3.3 Formou protokolu jsou jednoznačně určeny elektroohřívače KO k výměně a jsou fyzicky označeny.

3.4 Je provedena kontrola dokumentace, kontrola kvalifikace pracovníků dle operací.

Technologický postup opravy
VÝMĚNA ELEKTROOHŘÍVAČE KO VVER 440

3.5 Je provedena kontrola kvalifikace svářečů včetně kontroly kontrolních svarových spojů.

3.6 Je provedena kontrola základního a přídavného materiálu

4.Postup prací

Pro přivaření elektroohřívače je upřednostňováno automatové svařování podle kapitoly 4.2, ruční svařování podle kapitoly 4.3 se používá v případě poruchy na automatu a pro opravy případných vad svaru.

4.1 Demontáž vadného elektroohřívače a příprava pro svařování.

4.1.1 Otevřít odpovídající úkol pracovního příkazu. Zřídit pracoviště na KO, připravit nářadí a pomocný materiál.

4.1.2 Odřezat původní elektroohřívač v místě původního svaru.

4.1.3 Vytáhnout vadný elektroohřívač, vyčistit okolí odřezání s cílem zamezit kontaminaci okolí.

4.1.4 Zajistit dekontaminaci vnitřního povrchu nátrubku KO (odstranit usazeniny z vnitřního povrchu nátrubku) – podle situace upřesní vedoucí pracovní skupiny.

4.1.5 Dle výkresu soustružit novou svarovou hranu na nátrubku KO. Opracováním musí být odstraněn původní svarový kov a tepelně ovlivněná oblast (následná vizuální kontrola skutečného odstranění tepelně ovlivněné oblasti). Připravit pro kontroly.

4.1.6 Kontrola svarové hrany nového elektroohřívače a nátrubku. V protokolu vizuální kontroly potvrdit odstranění tepelně ovlivněné oblasti původního svaru.

4.1.7 Očistit svarovou hranu, připravit pro svařování.

4.1.8 Z vnitřní strany KO instalovat zafoukávání svarového spoje ochranným plynem.

4.1.9 Vsunout a ustavit nový elektroohřívač, provést jeho zastehování třemi krátkými stehy ručním svařováním (metoda 141) bez přídavného materiálu – neprotavovat kořen.

4.2.Přivaření elektroohřívače automatem.

V průběhu svařování se provádí vizuální kontrola po vrstvách, jako náhrada závěrečné kontroly prozářením, kterou nelze z technických důvodů provést, ve smyslu článku 8.1.13 OP 1513/72.

4.2.1 Na svarovou hranu instalovat svařovací automat.

<p>Technologický postup opravy</p> <p>VÝMĚNA ELEKTROOHŘÍVAČE KO VVER 440</p>	
4.2.2	Svařit automatem kořen průběžně přes stehy (metoda 141, přídavný materiál INERTFIL 19123nC D 0,8mm, WPS č.O1).
4.2.3	Svařit automatem výplň do plné tloušťky svaru (metoda 141, přídavný materiál INERTFIL 19123nC D 0,8mm, WPS č.O1).
4.2.4	Svařit automatem krycí vrstvy (metoda 141, přídavný materiál INERTFIL 19123nC D 0,8mm, WPS č.O1).
4.2.5	Demontovat svařovací zařízení.
4.2.6	Obrousit, přeleštit povrch svaru na Ra 3,2 – tvar dle výkresu obr.č 36, připravit pro kontroly. Značení svaru provést elektrochemicky (vyjiskřením).
4.3	Přivaření elektroohřívače ručním svařováním.
<p>V průběhu svařování se provádí vizuální kontrola po vrstvách jako náhrada závěrečné kontroly prozářením, kterou nelze z technických důvodů provést, ve smyslu článku 8.1.13 OP 1513/72.</p>	
4.3.1	Svařit ručně kořen průběžně přes stehy (metoda 141, přídavný materiál Sv04Ch19N11M3 WPS č. O2).
4.3.2	Svařit ručně výplň (metoda 141, přídavný materiál Sv04Ch19N11M3, WPS č.O2) včetně krycích vrstev.
4.3.3	Obrousit, přeleštit povrch svaru na Ra 3,2 – tvar dle výkresu obr. č.35, připravit pro kontroly. Značení svaru provést elektrochemicky (vyjiskřením).
4.4	Dokončovací práce.
4.4.1	Kontrola svaru. Případné vady vybrousit, očistit a opravit ručním zavařením.
4.4.2	Demontovat zafoukávání svarového spoje ochranným plynem z vnitřní strany KO.
4.4.3	Úklid pracoviště, předání zařízení provozovateli.
4.4.4	Příprava dokumentace pro konečnou zkoušku.
4.4.5	Konečná zkouška.
4.4.6	Pevnostní tlaková zkouška.
4.4.7	Kontrola svaru elektroohřívače po tlakové zkoušce.

Technologický postup opravy
VÝMĚNA ELEKTROOHŘÍVAČE KO VVER 440

5.Dokumentace pro konečnou zkoušku

Technická zpráva ke konečné zkoušce

Protokol o elektroohřívacích k výměně

Směrný technologický postup (výkresy obr.36 a WPS O1,O2)

Plán kontrol a zkoušek

Pracovní protokol o provedení opravy

Osvědčení vedoucího prací

Protokoly o kontrole svarů

Osvědčení o kvalifikaci svářeče:

- certifikát o zkoušce svářeče podle ČSN EN 1418 (automatový svár)
- certifikát o zkoušce svářeče podle ČSN EN 287-1 (ruční svár)
- seznam svářečů
- protokol o vyhovujícím hodnocení kontrolního svarového spoje

Atestová dokumentace základního materiálu (nového elektroohříváče)

Atestová dokumentace přídatného materiálu

Osvědčení (seznam) defektoskopických pracovníků

6.Pomůcky a nástroje

Upichovací zařízení, úkosovačka

Svařovací automat s příslušenstvím

Svařovací zdroj s příslušenstvím

Přípravek pro zafoukávání svaru elektroohříváče zevnitř KO

Elektrické brusky

Zámečnické nářadí

Osvětlení 12 V se zdrojem

PE fólie, pytle

Technická páska

Kaliko, mofos, netas

Líh



10.2 Lokální zaslepení defektního topného tělesa

Technologický postup opravy Oprava elektroohříváče zaslepením trubky - svar zátka -trubka
<p><u>1.Rozsah platnosti</u></p> <p>Tento směrný technologický postup platí pro Opravu elektroohříváče zaslepením trubky - svar zátka -trubka KO VVER 440 dle výkresu (obr.37) metodou obloukového svařování s netavící se wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu (metoda 141).</p> <p><u>2.Bezpečnostní a související předpisy</u></p> <p>2.1 Zákon č. 18/1997 Sb. - mírové využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon v platném znění)</p> <p>2.2 Vyhláška č.48/1982 Sb. ČÚBP v platném znění - základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technického zařízení</p> <p>2.3 Vyhláška č.307/2002 Sb. SÚJB - o radiační ochraně</p> <p>2.4 Vyhláška č.309/2005 Sb.SÚJB - o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení</p> <p>2.5 Vyhláška č.132/2008 Sb. SÚJB – o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd</p> <p>2.6 Třídění a likvidaci použitých materiálů a vyřazených součástí provádět ve smyslu vydaných předpisů</p> <p>2.7 ČSN 050600 - bezpečnostní předpisy pro svařování elektrickým obloukem</p> <p>2.8 Kvalifikace defektoskopických pracovníků:</p> <ul style="list-style-type: none">- osvědčení o způsobilosti ve smyslu vyhlášky č.309/2005 Sb. SÚJB,- certifikace dle standartu Std-101/E/95 (EN 473) nebo Std-301/E/95 a pro metodu VTP dle Std-201/E/95 <p>2.9 Kvalifikace pracovníků, řídících práce:</p> <p>osvědčení o způsobilosti ve smyslu vyhlášky č.309/2005 Sb.SÚJB</p>

<p>Technologický postup opravy</p> <p>Oprava elektroohříváče zaslepením trubky - svar zátka -trubka</p>	
2.10	<p>Kvalifikace svářeče</p> <ul style="list-style-type: none"> - certifikát o zkoušce svářeče podle ČSN EN 287-1 - osvědčení o atestační zkoušce pro jaderná zařízení ČEZ,a.s.
2.11	<p>Kvalifikace svářečského dozoru</p> <ul style="list-style-type: none"> - certifikát EWE resp. EWT vystavený podle ČSN EN ISO 14731 - osvědčení o způsobilosti ve smyslu vyhlášky č.309/2005 Sb. SÚJB
2.12	<p>OP 1513/72 – Základní předpisy pro svařování a navařování uzlů a konstrukcí jaderných elektráren, experimentálních a výzkumných jaderných reaktorů a souborů</p>
2.13	<p>PK 1514/72 – Předpisy pro kontrolu svarových spojů a návarů uzlů a konstrukcí jaderných elektráren, experimentálních a výzkumných jaderných reaktorů a souborů</p>
2.14	<p>IPZJ pro KO VVER 440</p>
2.15	<p>PKJ VPE 804013/09</p>
2.16	<p>ČEZ_ME_0617 v platné revizi - Pravidla práce na otevřeném technologickém zařízení v EDU</p>
2.17	<p>Program zajištění radiační ochrany</p>
2.18	<p>Specifikace postupu svařování WPS č.O3(obr. 21)</p>
<p><u>3.Výchozí stav</u></p>	
3.1	<p>Kompenzátor objemu je dochlazen na teplotu kovu nižší než 40°C, je bez tlaku.</p>
3.2	<p>Je změřena radiační situace v KO a jsou vytvořeny podmínky bezpečné práce v prostředí ionizujícího záření. Je připraven Program zajištění radiační ochrany.</p>
3.4	<p>Je provedena kontrola dokumentace, kontrola kvalifikace pracovníků dle operací.</p>
3.5	<p>Je provedena kontrola kvalifikace svářečů včetně kontroly kontrolních svarových spojů.</p>
3.6	<p>Je provedena kontrola základního a přídatného materiálu.</p>

Technologický postup opravy

Oprava elektroohříváče zaslepením trubky - svar zátka -trubka

4.Postup prací

- 4.1 Provést odstranění keramické koncovky z vadné topné spirály EO dle určení v úkolu PP.
- 4.2 Odvrtání a vyčištění zaslepované trubky do hloubky min. 25 mm.
- 4.3 Provést obrobení vnitřního povrchu trubky dle výkresu.
- 4.4 Očištění ústí a okolí trubky tech. Lihem, okolí min. 20 mm, vnitřní min. 25 mm.
- 4.5 Provést kontrolu – kontrola jakosti přídavných materiálů.
- 4.6. Provést kontrolu – kontrola nezávadnosti svářecích zařízení.
- 4.7 Provést kontrolu – kontrola jakosti přípravy pro svařování a vsazení zátky.
- 4.8 Vsadit zátku dle WPS O3 (obr. 21) do vadné trubky a svařit.
- 4.9 Provést kontrolu VT první vrstvy.
- 4.10 Provést značení svaru.

5.Operace po svaření

- 5.1 Provést kontrolu – kontrola VT po vrstvách.
- 5.2 Provést kontrolu – kontrola PT konečná vrstva.
- 5.3 Oprava vady svaru dle WPS (provést jen v případě nevyhovujících kontrol z bodů.
- 5.4 Provést Konečnou zkoušku.

6.Úklid pracoviště

- 6.1 Předání pracoviště: zkontrolovat podmínky pro předání pracoviště:
Podmínky: označení zařízení projektovým číslem, pořádek v oblasti předávaného pracoviště
- 6.2 Přebrat pracoviště, uzavřít pracovní příkaz, ukončit pracovní příkaz v ISE.
- 6.3 Obhlídka při plánované TZ I.O 13,7 MPa.

Technologický postup opravy

Oprava elektroohříváče zaslepením trubky - svar zátka -trubka

7.Dokumentace pro konečnou zkoušku

Technická zpráva ke konečné zkoušce

Směrný technologický postup (výkresy obr.37, WPS O3 obr. 21)

Plán kontrol a zkoušek

Pracovní protokol o provedení opravy

Osvědčení vedoucího prací

Protokoly o kontrole svarů

Osvědčení o kvalifikaci svářeče:

- certifikát o zkoušce svářeče podle ČSN EN 287-1
- seznam svářečů
- protokol o vyhovujícím hodnocení kontrolního svarového spoje

Atestová dokumentace základního materiálu

Atestová dokumentace přídavného materiálu

Osvědčení (seznam) defektoskopických pracovníků

6.Pomůcky a nástroje

Upichovací zařízení, úkosovačka, vrtačka

Svařovací zdroj s příslušenstvím

Elektrické brusky

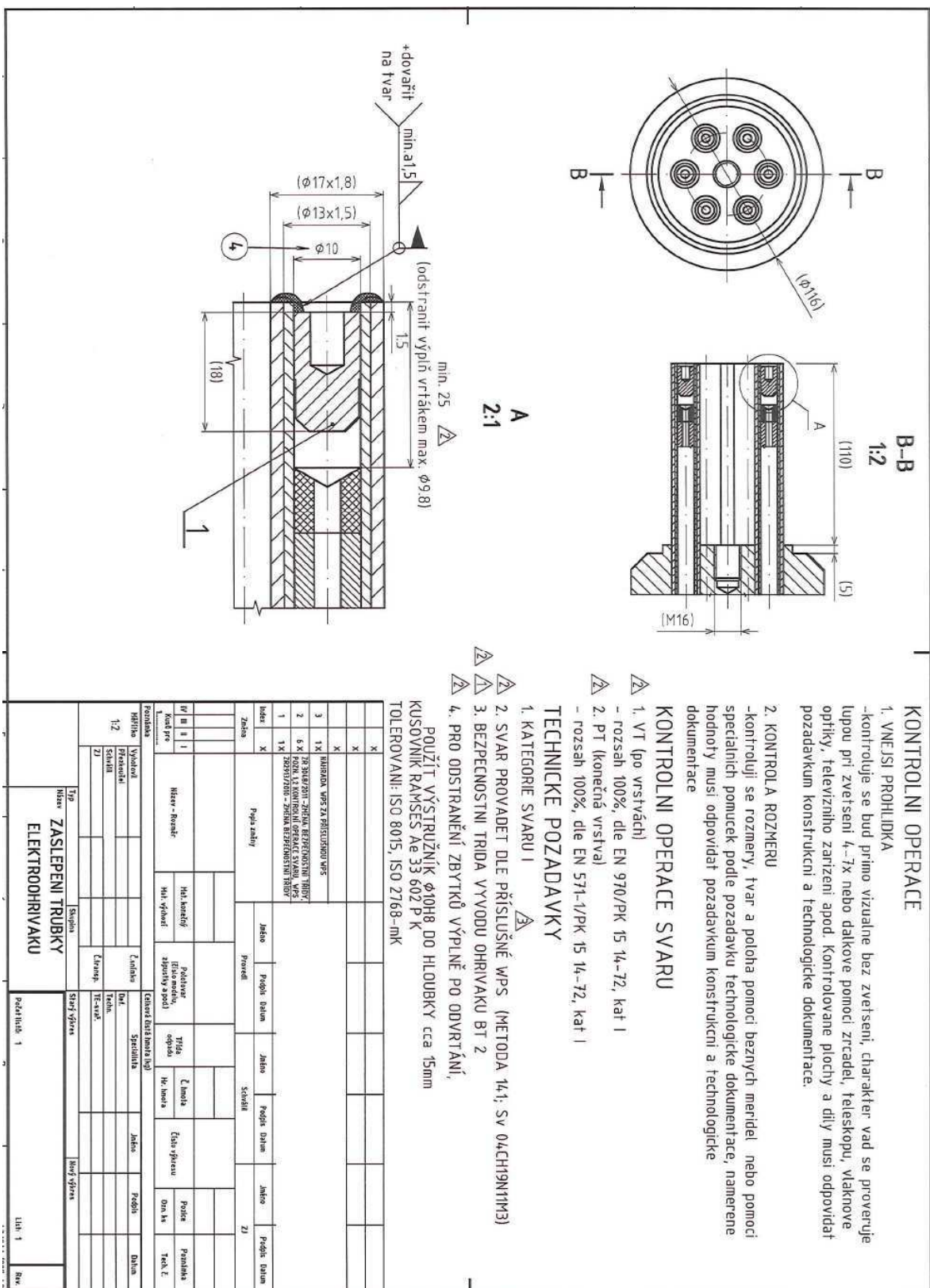
Zámečnické nářadí

Osvětlení 12 V se zdrojem

PE fólie, pytle

Technická páska

Láh



Obr. 37 Výkres opravy zaslepení elektrohríváče

11. ZÁVĚR

Problematika opravy elektroohříváče je velmi složitá. Je potřeba znát proces opravy a všechny požadavky s tím související. V diplomové práci je shrnuto vše od funkce kompenzátoru objemu přes rozsah legislativních požadavků až po kompletní popis průběhu a technologického postupu opravy. Byl popsán postup opravy ručním a automatizovaným svařováním. Z dosažených zkušeností budeme preferovat možnost automatizovaného svařování z důvodu rychlejšího provedení opravy za dosažení stejně kvalitních výsledků jako při ručním svařování. Oprava výměny elektroohříváče zajistí opět maximální topný výkon kompenzátoru objemu a z pohledu jaderné bezpečnosti bezpečný provoz jaderné elektrárny. Složitost opravy při výměně elektroohříváče spočívá hlavně v délce přípravy a realizace všech legislativních požadavků a velké finanční náročnosti. Při tvorbě rozpočtu se tak musí do budoucna počítat s větší četností oprav.

Od spuštění provozu jaderné elektrárny Dukovany v roce 1985 se řešily vady na elektroohříváčích odpojením jednotlivých topných těles. Po roce 2010 se začalo s výměnou celých elektroohříváčů. Na čtvrtém bloku bylo vyměněno 8 kusů a v roce 2011 na prvním bloku 7 kusů elektroohříváčů. V případě četnosti oprav zaslepování defektního topného tělesa je od roku 2010 až do roku 2013 zaslepováno vždy jedno topné těleso na třetím a čtvrtém bloku jaderné elektrárny Dukovany. V roce 2014 neproběhlo ani jedno zaslepení topného tělesa

Jaderné elektrárny typu VVER 440 byly poměrně přesně navrhovány na životnost 30 let provozu. První blok Jaderné elektrárny Dukovany je v provozu již 30 let. Aktuálně se plánuje žádost o prodloužení na 10 let pro všechny čtyři bloky. Aby mohla být elektrárna provozována, byl vytvořen projekt LTO (Long Term Operation), který stanovuje podmínky prodloužení provozu. O životnosti tlakové nádoby reaktoru máme přesné informace pomocí vzorků, které se odebírají z tlakové nádoby, ale u ostatní zařízení tyto informace nemáme. Při prodloužení životnosti bude sledování elektroohříváčů velmi důležité, protože můžeme předpokládat zvýšenou četnost poruch. Nyní je na skladě 41 elektroohříváčů původní výroby z roku 1984. To není ani polovina všech elektroohříváčů na jednom kompenzátoru objemu. Z tohoto důvodu se musí zajistit dostatečné množství náhradních elektroohříváčů.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Drahomírovi Schwarzovi, CSc. za cenné rady a připomínky. Děkuji také Ing. Františku Beňovi za odbornou konzultaci.

12. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. RNDR. KUSALA, Jaroslav. Miniencyklopedie: Jaderná energie. *Jaderná energie* [online]. 2004. vyd. Praha, 2004 [cit. 2014-09-03]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/nuklear.htm>.
2. KOLEKTIV AUTORŮ. *PRIMÁRNÍ ČÁST JE VVER 440: Základní zařízení primárního okruhu. Textová část.* ČEZ. BRNO, 2006. Dostupné z: Vycvikové středisko ČEZ.
3. KOLEKTIV AUTORŮ. *PRIMÁRNÍ ČÁST JE VVER 440: Základní zařízení primárního okruhu. Obrázková část.* ČEZ. BRNO, 2006. Dostupné z: Vycvikové středisko ČEZ.
4. *Svařování v jaderné energetice V: odborné školení, 27.4.-29.4.2011 : sborník přednášek.* 1. vyd. Editor Aurelie Pindorová. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2011, 110 s. ISBN 978-80-248-2409-3.
5. Československá republika. Technické podmínky JE 02-77. In: *Technické podmínky pro JE.* Chomutov: Válcovny trub a železářny N.P. Chomutov, 1977.
6. ING. BIVÓJ CUKR, Ing. Olga Bohušova, CSc, RNDr. Milan Brumovský, CSc, Ing. Bivoj Cukr, Ing. Zdeněk Hátle, CSc, Ing. Karel Protiva, CSc, Dr. Ing. Rudolf Stefec, Ing. Antonín Urban, Doc. Ing. Milan Zídek. *Oceli pro jadernou energetiku.* Technickoekonomický výzkumný ústav hutního průmyslu. Praha: TEVÖH + DISK Říčany, provozovna Davle, 1976, 288 s.
7. ING. HRONEČEK, Emil. *Technológia zvarovania v ochranných plynoch metódou TIG pre ocele triedy 17.* Bratislava: Výskumný ústav zvaračský v Bratislave, 1986, 86 s.
8. KANDUS, Bohumil a Jaroslav KUBÍČEK. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.* 1. vyd. Ostrava: Zeross, 2001, 395 s. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.
9. ČSN EN ISO 4063. *Svařování a příbuzné procesy - Přehled metod a jejich číslování.* Praha: Český normalizační institut, 2011.
10. N.T.D ASI. *Normativně technická dokumentace a.s.i. sekce 1: svařování zařízení a potrubí jaderných elektráren typu vver.* 2013. vyd. Ostrava: Asociace strojních inženýrů, 2013.

11. Česká Republika. ČEZ_SD_0020: *Svařování – Požadavky na dodavatele a kritéria přijatelnosti svářečských prací v jaderných elektrárnách*. In: *Realizace péče o majetek*. JE Dukovany: ČEZ a.s., 2013.
12. ČSN EN 287-1. *Zkoušky svářečů - Tavné svařování - Část 1: Oceli. samostatně tiskem*. Česká technická norma (ČSN) [online], 2012. Dostupné z: <http://www.csnonline.unmz.cz>.
13. ČSN EN ISO 15614-1 *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupů svařování - Část. 1: Obloukové a plamenové svařování ocelí a obloukové svařování niklu a slitin niklu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
14. JAROSLAV KOUKAL, Tomáš Zmydlený. *Svařování I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 8024808706.
15. JAROSLAV KOUKAL, Drahomír Schwarz. *Materiály a jejich svařitelnost*. 1. vyd. Ostrava: Český svářečský ústav, 2009. ISBN 9788024820255.
16. HRIVNÁK, Ivan. *Teória zvariteľnosti kovov a zliatin*. Vyd. 1. Bratislava: Veda, 1989, 343 p. ISBN 8022400165.
17. Правила контроля сварных соединений и наплавки узлов конструкций энергетических установок атомного энергомашиностроения. ПК 1514/72. М.: "Металлургия", 1974 г.
ПК 1514/72 Pravidla kontroly svarových spojů a návarů uzlů a konstrukcí jaderných elektráren, zkušebních a výzkumných jaderných reaktorů a zařízení (překlad z ruského jazyka) Metallurgia, Moskva, 1974.
18. ГОСТ 6032. Стали и сплавы коррозионно-стойкие. Методы испытаний на стойкость к межкристаллитной коррозии. Межгосударственный Совет По Стандартизации, Метрологии И Сертификации. Белоруссия, Минск, 2003.
GOST 6032. *Oceli a slitiny odolné proti korozi. Metody zkoušení odolnosti proti mezikrystalové korozi. Federální rada pro technickou normalizaci, metrologii a certifikaci*. Bělorusko, Minsk, 2003.
19. Основные положения по сварке и наплавке узлов и конструкций атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок. ОП 1513/72. М.: "Металлургия", 1975 г.
ОП 1513/72. *Hlavní ustanovení týkající se svařování a navařování dílů a konstrukcí jaderných elektráren, experimentálních a výzkumných jaderných reaktorů a zařízení* (překlad z ruského jazyka) Metallurgia, Moskva, 1975.

20. Vyhláška č. 309/2005 Sb., o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení.
21. Vyhláška č. 132/2008 Sb., o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd.